Aus der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen
Direktor: Professor Dr. S. Weller

Ergebnisse der intraligamentär additiven Korrekturosteotomie am Tibiakopf

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der Medizinischen Fakultät
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
MATHIAS FREY
aus Geislingen/Steige

1984

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41536524_0006

Aus der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen
Direktor: Professor Dr. S. Weller

Ergebnisse der intraligamentär additiven Korrekturosteotomie am Tibiakopf

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der Medizinischen Fakultät
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
MATHIAS FREY
aus Geislingen/Steige

1984

Dekan: Professor Dr. D. Plester
1. Berichterstatter: Privatdozent Dr. U. Holz
2. Berichterstatter: Professor Dr. J. Gekeler

Druck: Zeeb-Druck, Tübingen 7 (Hagelloch)

Meinen Eltern gewidmet

INHALTSVERZEICHNIS

EINLEITUNG

I) ALLGEMEINER TEIL

1. Bio-Statik der unteren Extremität

2. Therapiemöglichkeiten
2.1. Konservative Therapie
2.2. Angewandte Operationsmethoden
2.2.1. Osteotomien im Bereich des Kniegelenkes
2.2.2. Künstlicher Gelenkersatz
2.2.3. Arthrodese

3. Indikations- und Planungskriterien der Osteotomie
3.1. Allgemeine Operationskriterien
3.2. Spezielle Indikation für die intraligamentär additive Korrekturosteotomie am Tibiakopf
3.3. Planungskriterien

II) SPEZIELLER TEIL

Material und Methodik

1. Patientenzahl und Zeitraum
1.1. Altersverteilung

2. Ausgangsbefunde
2.1. Grundleiden
2.2. Form der Fehlstellung
2.3. Röntgenbefunde
2.4. Beschwerden
2.5. Präoperative Beweglichkeit

Ergebnisse

3. Postoperative Befunde und Verlauf
3.1. Röntgenologisch ermittelte Winkelkorrektur
3.2. Operationstechniken und Verfahren
3.3. Komplikationen und intraoperative Besonderheiten
3.4. Dauer des stationären Aufenthaltes
3.5. Nachbehandlung

4. Nachuntersuchungsergebnisse
4.1. Beschwerden
4.2. Beweglichkeit
4.3. Röntgenologische Befunde
4.3.1. Valgisierende Korrekturen
4.3.2. Varisierende Korrekturen
4.3.3. Traglinienverlauf
4.3.4. Korrektur und Stabilisierung der Arthrose
4.4. Banderschlaffung und Korrekturergebnis
4.5. Korrektur und klinisches Ergebnis
4.6. Einfluß der Osteotomietechnik auf den Korrekturverlust

5. Diskussion

6. Zusammenfassung

LITERATURVERZEICHNIS

Liste der verwendeten Abkürzungen

EW = Ergänzungswinkel
FK = Femurcondylen
FSA = Femurschaftachse
G_7 = Körperteilgewicht
KBL = Kniebasislinie
NU = Nachuntersuchung
OT = Osteotomie
Rg = Kräfteresultierende
R'g = Auflagewiderstand der Tibia
RT = Tangentialkräfte im Kniegelenk
S_6 = Schwerpunkt der gesamten Körpermasse
S- = Schwerpunkt der vom Kniegelenk des Standbeines zu tragenden Körpermasse
TK = Tibiacondylen
TL = Traglinie
Tr = Spannung des Tractus iliotibialis
TS = Tibiaschaft
TSA = Tibiaschaftachse

EINLEITUNG

Die Gelenkachsen werden während des Wachstums auf eine optimale Einstellung ausgerichtet, bei der in dem Wechselspiel zwischen passivem ossären und ligamentären und der aktiven muskulären Stabilisierung ein Maximum an Druckkräften und ein Minimum an Schubkräften auf die Gelenkfläche übertragen werden.

Posttraumatische oder arthrotische Fehlstellungen greifen in diesen wohlausgewogenen Mechanismus ein. Die Belastungsrichtung entfernt sich vom optimalen Mittelwert.

Die häufigste Ursache asymmetrischer Beanspruchung des Kniegelenkes stellt die idiopathische Varusgonarthrose dar als Folge einer bereits unter physiologischen Bedingungen leicht medialisierten Kraftresultierenden (DEBRUNNER[12]) und einer mit steigendem Lebensalter eintretenden Imbalance zwischen Körpergewicht und Zuggurtungskraft des Tractus iliotibialis (SPRANGER[53]). Nach vorausgegangener medialer Menisektomie wird die Varusgonarthrose aber auch bei jungen Menschen immer häufiger beobachtet. Daneben finden sich in geringerer Zahl Gelenkfehlstellungen nach Tibiakopf-Impressionsfrakturen, die wiederum eine Fehlbelastung mit Sekundärarthrose zur Folge haben.

Der seitenbetonte Abrieb des Gelenkknorpels und die damit einhergehende Höhenminderung des Gelenkkörperanteils führen zu einer Verstärkung der vorbestehenden posttraumatischen Achsenabweichung oder verursachen eine neue arthrotische Fehlstellung, womit ein Circulus vitiosus in Gang kommt.

Mit betroffen von der pathologischen Beanspruchung ist der Seitenbandapparat, der konkavseitig erschlafft und konvexseitig unter Zug überbeansprucht wird, wodurch die ligamentäre Stabilisierung geschwächt wird. Die durch den Mindergebrauch atrophierte Muskulatur und die mangelhafte Bandführung begünstigen das Verschleißgeschehen und unterhalten den Circulus vitiosus.

Die Fehlstellung bei der Kniegelenksarthrose wird somit zu einem selbstständigen Faktor, der unabhängig von anderen Form- und Funktionsstörungen des Gelenkes die Progredienz der Arthrose unterhält (BACHTHALER[3]). Die operative Korrektur der Achsenfehlstellung beseitigt somit eine wichtige Ursache für das Fortschreiten des Gelenkverschleißes. Gleichzeitig verbessert sie aber auch die mechanischen Belastungsverhältnisse des Kniegelenkes.

Ziel operativer Maßnahmen ist somit die Wiederherstellung der physiologischen Belastungsverhältnisse bei gleichzeitiger Verbesserung der Bandsituation. Dadurch sollen die wesentlichen Komponenten der arthrotischen Funktionsstörung normalisiert und eine Besserung der durch die Fehlstellung ausgelösten Beschwerden erreicht werden. Vor allem der Methode der intraligamentär additiven Tibiakopfosteotomie, einem Verfahren der jüngeren Zeit, wurde dieser Effekt der Achskorrektur bei gleichzeitiger Verbesserung der ligamentären Stabilisierung des Gelenkes zugeschrieben.

Die nach diesem Verfahren 1975 - 1980 in der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen operierten 90 Kniegelenke scheinen diese Erwartung zu bestätigen. Es galt nun, durch eine gezielte Nachuntersuchung diesen Eindruck zu objektivieren. Von besonderem Interesse war hierbei, ob und inwie-

weit eine störungsfreie Einheilung des "addierten" Knochenmaterials erfolgt ist, oder ob durch Nachsintern der Transplantate ein Korrekturverlust nachzuweisen ist.

Schmerzlinderung, Reizzustände als Zeichen einer persistierenden oder progredienten Arthrose bzw. erhaltene oder verbesserte Funktion sowie stabile oder instabile Bandverhältnisse sind wichtige Parameter bei der Beurteilung des Operationserfolges.

I) ALLGEMEINER TEIL

1. Bio-Statik der unteren Extremität

Deskriptive und funktionelle Anatomie des Kniegelenkes

Das Kniegelenk stellt die bewegliche Verbindung zwischen Ober- und Unterschenkel dar. Dabei passen sich die Gelenkrollen des Oberschenkels nur unvollständig in die flachen Gelenkflächen des Schienbeinkopfes ein. Mit Ausnahme der Kreuzbandhöcker, der Eminentia intercondylaris, welche ein seitliches Weggleiten der Gelenkkörper verhindern, besteht keine knöcherne Führung. Die Gelenkkongruenz wird durch die faserknorpeligen Menisci verbessert. Im wesentlichen erfolgt die aktive und passive Stabilisierung des Kniegelenkes durch Muskeln, Knorpel und Bänder.

Die Bewegung des Kniegelenkes in der Sagittalebene ist keine zentrierte Scharnierbewegung. Sie kann mit einem Getriebemechanismus mit wandernder Drehachse verglichen werden. Die Wanderung der Drehachse läßt sich als Rastpolkurve bzw. Gangpolkurve aufzeichnen, je nachdem, welcher Gelenkteil sich bewegt. Die Konstruktion dieser Polkurven ist nur dann modellmäßig möglich, wenn man das Kniegelenk einem mechanischen System, einer sogenannten geschlossenen, ebenen, kinematischen Viergelenkkette zuordnet. Diese Zuordnung ist zulässig, wenn man die Schlußrotation im Kniegelenk außer acht läßt und unterstellt, daß die Kreuzbänder, die die Viergelenkkette zusammen mit Femur und Tibia bilden, in jeder Bewegungsphase des Gelenkes auf ihre volle Länge entfaltet sind. Der Drehpunkt entspricht dann dem Kreuzungspunkt der Kreuzbänder,

die Aufzeichnung der verschiedenen Kreuzungspunkte den Polkurven (MENSCHIK[37]). Die Bewegung des Kniegelenkes in der Sagittalebene entspricht einer Roll-Gleit-Bewegung, wobei im Anfangsteil der Bewegung, d. h. beim Übergang von voller Streckung zur Beugung zunehmend ein Gleitvorgang vorherrscht. Dabei hält die fast reine Rollbewegung auf der medialen Gelenkseite bis zu einem Beugewinkel von 10° bis 15°, auf der lateralen Seite dagegen bis zu einem solchen von 25° bis 30° an.

Demnach dauert also das anfängliche Rollgleiten lateral merklich länger als medial, entsprechend der Rückführung der Außenrotationsstellung der Tibia bei voller Streckung in eine Mittelstellung bei Beugung.

Die Außenrotationsstellung der Tibia, die sogenannte Schlußrotation als Endphase der Streckung, erreicht bei voller Streckung 5° bis 10°. Hierbei kommt es zu einer maximalen Anspannung des gesamten passiven Stabilisierungsapparates und damit zur Entlastung der aktiven Stabilisatoren in der Standphase.

Auch bei Beugung des Kniegelenkes ist eine begrenzte Rotationsmöglichkeit um die Unterschenkellängsachse als zweiter Grad der Kniegelenksfreiheit möglich.

Das Bein soll in der Hauptsache als Tragsäule dienen. Gleichzeitig muß das Vorführen des Spielbeines und die Anpassung des Fußes an den Boden gewährleistet sein. Ein in Streckstellung versteiftes Kniegelenk erfüllt die Aufgaben der Tragsäule vollständig; erschwert ist nur das Vorschwingen des Spielbeines. Ein in Beugestellung versteiftes Kniegelenk setzt die Leistung des Beines stark herab (WALDEYER, MAYET[59]).

Arbeiten über die Kraftübertragung an den Gelenken der unteren Extremität beruhen vorwiegend auf Berechnungen der statischen Kräfte im Einbeinstand.

Die Überlegungen, daß das Knie rein axial belastet sei, gehen vor allem auf BRAGARD[6] zurück. In seiner Arbeit aus dem Jahre 1932 über das "Genu valgum" leitet er aus der Abweichung von der Traglinie, er nannte sie Tragachse, eine Einteilung in Varus- und Valgusdeformität ab.

Unter physiologischen Verhältnissen verläuft die Traglinie, oder auch mechanische Längsachse des Beines genannt, durch die Mittelpunkte von Hüft-, Knie- und oberem Sprunggelenk (FRANK et al[18]). Sie wurde vom MIKULICZ schon 1886 eingeführt. Mit ihrer Hilfe lassen sich Achsenfehlstellungen leicht definieren. Trifft die Verbindungslinie von Hüftkopf- und Sprunggelenksmittelpunkt das Kniegelenk nicht in der Mitte sondern lateral, so liegt eine Valgusfehlstellung vor. Läuft sie medial vorbei, so haben wir eine Varusfehlstellung vor uns. Eine Toleranz vom 10 bis 15 mm liegt im physiologischen Bereich (BITTERAUF[4]). Ein Zusammenhang zwischen Achsenabweichung und Ausbildung einer Arthrose konnte nach OEST[44] für starke Fehlstellungen mit Abweichungen von über 20 mm nachgewiesen werden.

Die Kniebasislinie (KBL) verbindet den Scheitel der Femurcondylen und steht senkrecht auf der Traglinie.

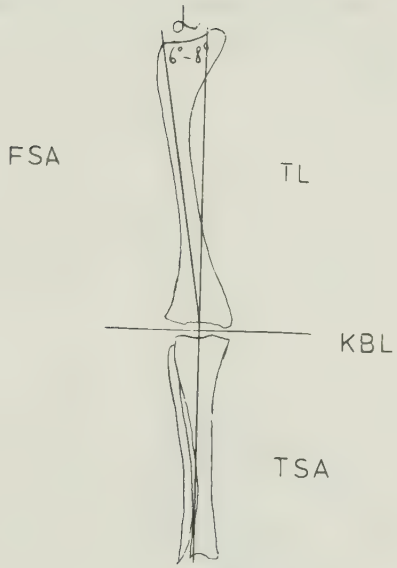

Abb. 1: Verlauf der anatomischen und mechanischen Achsen an der unteren Extremität

Die Traglinie stimmt mit der Achse des Beinskelettes nicht überein, da diese schon normalerweise Knickbildungen und Biegungen aufweist. So setzt der Schenkelhals mit einem Winkel von 120° bis 130° am Femurschaft an, die Traglinie verläuft daher außerhalb der Femurschaftachse (FSA) und bildet mit ihr einen Winkel von 6° bis 8° (GEKELER[20]). Im Unter-

schenkelbereich fällt sie wieder mit der anatomischen Knochenachse, der Tibiaschaftachse (TSA), zusammen, da der Unterschenkel mit einer leichten Knickung im Valgussinne am Oberschenkel ansetzt.

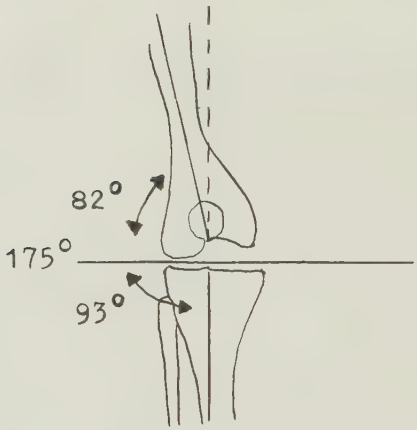

Abb. 2: Winkelverhältnisse am Kniegelenk nach SPIRIG[52], 1967

Der laterale Winkel zwischen FSA und KBL beträgt normalerweise 82° (RETTIG[48]). An der Tibia fallen anatomische und mecha-

nische Achse zusammen. Der laterale Normalwinkel zur KBL beträgt hier 93°. Daraus ergibt sich der laterale Winkel zwischen Femur und Tibia, der Ergänzungswinkel (EW) von 175°. Daraus folgt, daß ein leichtes X-Bein beim Erwachsenen physiologisch ist. Außerdem ist der Femur leicht nach innen, die Tibia nach außen rotiert.

Unter diesen Bedingungen besteht nach HOHMANN[26] zwischen den einzelnen Muskelgruppen ein labiles Gleichgewicht, und der Gelenkknorpel wird nur auf direkten und gleichmäßigen Druck beansprucht.

Die Gedanken von BRAGARD[6] wurden vor allem von MAQUET[36] und KUMMER[34] weiter klargelegt und dargestellt. Insbesondere MAQUET[36] hat gezeigt, daß das Kniegelenk bei einbeiniger Unterstützung des Körpers in der Frontalebene durch eine Kräfteresultierende (Rg) beansprucht wird, die sich aus dem Körperteilgewicht (G_7) und der Spannung des Tractus iliotibialis (Tr) zusammensetzt. Das Teilgewicht G_7 stellt das Körpergewicht abzüglich des belasteten Beines und des Fußes dar. Bei beidbeinigem Gang entspricht dies nach KANTOR[30] 43 % des Körpergewichtes.

Da Größe und Lage des Gewichtes G_7 gegeben sind, hängen Größe und Lage der Resultierenden Rg im Detail somit von der Kraft Tr, der Tractusspannung, ab. Die Resultierende Rg muß so aus Gleichgewichtsgründen nicht notwendigerweise durch einen bestimmten Punkt verlaufen, sondern kann vom Lateralrand des lateralen bis zum Medialrand des medialen Condylus beliebig verschiedene Lagen einnehmen.

Im Normalfall verläuft jedoch die Resultierende Rg nach BREITENFELDER[53] und NOESBERGER[42] durch den Zentralpunkt der Kniegelenksachse.

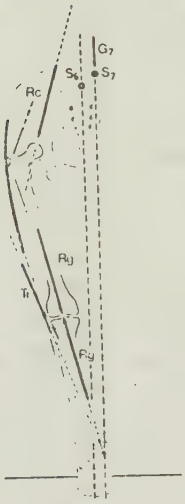

Abb. 3: Lage der beanspruchten Kräfte für Hüft- und Kniegelenk in der Standbeinphase beim langsamen Gehen. Projektion in die Frontalebene. G_7: Gewicht des vom betrachteten Kniegelenk zu tragenden Körperanteils. Rc: Resultierende aller auf das Hüftgelenk wirkenden Kräfte. Rg: Resultierende aller auf das Kniegelenk wirkenden, in der Frontalebene gelegenen Kräfte. R'g: Auflagewiderstand der Tibia (= - Rg). S_6: Schwerpunkt der gesamten Körpermasse; bei statischem Gleichgewicht muß er senkrecht über der Stützfläche des Fußes liegen. S-: Schwerpunkt der vom Kniegelenk des Standbeines zu tragenden Körpermasse. Tr: Kraft des Tractus iliotibialis.
(Aus: KUMMER[34], 1968 und MAQUET[36], 1976)

Größe und Richtung der Kniegelenksresultierenden Rg lassen sich graphisch bestimmen, indem man die Wirkungslinien der Kräfte G_7 und Tr zum Schnitt bringt und an dieser Stelle das Kräfteparallelogramm zeichnet.

Die Lage der Kraft Rg im Kniegelenk ergibt sich nun aus dem Schnitt ihrer Wirkungslinie mit der Gelenkfläche. Im Prinzip könnte sie sowohl allein durch eine Richtungsänderung von Rg als auch durch eine Stellungsanomalie des Kniegelenks verändert werden. Theoretisch könnte so bei Valgus- oder Varusabweichung des Kniegelenkes durch eine entsprechende Wahl der Kraftgröße von Tr dafür gesorgt werden, daß die Resultierende Rg durch die Mitte des Gelenkes verläuft. Aufgrund der geometrischen Verhältnisse kann aber dadurch nicht gleichzeitig erreicht werden, daß die Resultierende auch senkrecht auf die Gelenkfläche auftrifft.

Verläuft Rg aber schräg zur Gelenkfläche, so entsteht ein Seitenschub, der durch den Bandapparat des Gelenkes aufgefangen werden muß. Die Resultierende Rg oder die vektorielle Summe der Kräfte Tr und G_7 wird vom Femur auf die tragenden Gelenkflächen übertragen.

Diese ändern sich im Laufe der Bewegung. Sie werden kleiner und verschieben sich nach hinten bei der Beugung. Die Menisken bedecken etwa 50 % der Tragfläche der Tibiakonsolen (MAQUET[36]).

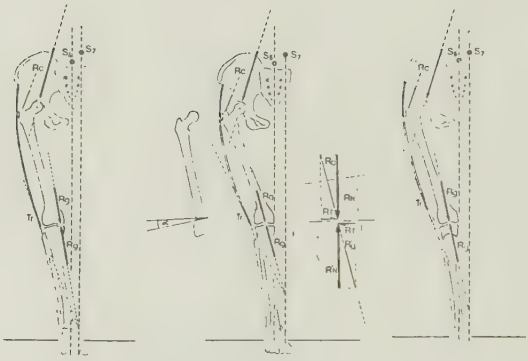

Abb. 4 a Abb 4 b Abb 4 c

Abb. a - c: Medialverlagerung der Kniegelenksresultierenden Rg und Korrektur der Gelenkbelastung durch Valgisierungsosteotomien.

a) Die Resultierende Rg ist durch Verminderung der Tractusspannung Tr auf den medialen Condylus verlagert.

b) Durch eine supraarticuläre Keilosteotomie mit dem Keilwinkel α kann eine zentrale Lage der Resultierenden Rg im Gelenk erreicht werden. Die Resultie-

rende trifft dadurch schräg auf die Ebene des Kniegelenkes. Dabei entsteht ein Querschub (RT bzw R'T) im Gelenk. RN und R'N: Normalkräfte im Kniegelenk. RN (bzw. R'N) und RT (bzw. R'T) entstehen durch Zerlegung von Rg (bzw. R'g).

c) Durch eine intraarticuläre Pendelosteotomie wird die Resultierende Rg im Gelenk zentriert. Die Kniegelenksebene wird nahezu rechtwinklig zur Wirkungslinie der Resultierenden eingestellt. (Aus: MAQUET[36] und KUMMER[34]).

Kommt es nun durch Zunahme vom G_7, z. B. Ansteigen des Körpergewichtes bei gleichbleibender Kraft der Zuggurtung durch Tr, so verlagert sich die Resultierende entsprechend den Regeln des Kräfteparallelogramms vom Zentralpunkt der Gelenkachse nach medial. Bei Abnahme der Kraft der lateralen Zuggurtung Tr kommt es zu einer relativen Verstärkung von G_7, und somit wird die Resultierende Rg auch wieder nach medial verlagert. Die Ebene des oberen Sprunggelenkes ist dann nach außen geknickt (Pes varus). Das Ligamentum collaterale fibulare ist überdehnt, das Ligamentum collaterale tibiale erschlafft.

Die Medialverschiebung der Resultierenden Rg leitet eine asymmetrische Verteilung der intraarticulären Spannungen ein, konzentriert und stark vermehrt auf den medialen Anteil des Kniegelenkes, wo sie den Gelenkknorpel zerstören. Die Degeneration des Knorpels führt zur Varusabweichung oder verschlimmert diese. Dadurch verschiebt sich die Resultierende Rg weiter nach medial, was wiederum im Sinne eines Circulus vitiosus die Druckspannungen im medialen Bereich des Kniegelenkes vergrößert und erhöht.

Ein eindeutiges Beispiel für das Entstehen einer Varusfehlstellung zeigt die Zunahme des Körpergewichtes in der Menopause bei gleichzeitigem Nachlassen der korrespondierenden Muskelkraft, dem Zug des Tractus iliotibialis.

Entsprechend diesen mechanischen Veränderungen im Gelenk treten auch biologische Reaktionen als Antwort auf die vermehrte Druckbelastung am medialen Plateau auf.

Es kommt zu einer Zunahme der subchondralen Sklerosierung und, unter Abnahme seines Volumens, zu einer Zerstörung des Gelenkknorpels, was sich röntgenologisch als eine Verschmälerung des Gelenkspaltes darstellt. Dies ist als biologische Reaktion auf die primär mechanische Veränderung anzusehen.

Abb. 5: Verstärkte degenerative Veränderungen und Achsenfehlstellung durch Druckspitzen (nach BITTERAUF[4])

Die Arthrose des medialen Kniegelenkanteils ist durch eine Vermehrung der Knochenverdichtung unter der medialen Tibiagelenkfläche und einer Verringerung unter der lateralen gekennzeichnet.

Es bildet sich nach MAQUET[36] ein Verdichtungsdreieck unter der medialen Gelenkfläche. Dadurch wird der Gelenkspalt schmäler und schwindet, während zugleich die subchondrale

Verdichtung ausgeprägter wird. Schließlich wird der Knochen angegriffen,und das Femur kann gegen die Tibia subluxieren.

Die zweite klassische Form der Fehlstellung der Beinachsen stellt das Genu valgum dar. Eine Zunahme der Gelenkbelastung ist nach NOESBERGER[42] bei der Varusdeformität ausgeprägt, bei der Valgusdeformität dagegen geringer. Dies kann man dadurch erklären, daß das Zentrum der Gelenkbelastung beim normalen Knie beim Gehen im medialen Kompartiment lokalisiert ist und somit eine Valgusdeformität besser kompensiert werden kann als die Varusfehlstellung.

Normalerweise versucht man, das laterale Kompartiment zu entlasten, sodaß es einer starken Valgusdeformität bedarf, bis das Zentrum der Gelenkbelastung sich ins laterale Kompartiment verlegt.

Durch die X-Fehlstellung im Kniebereich wird die Ebene des oberen Sprunggelenkes medialwärts geknickt, wobei das Fersenbein ebenfalls nach medial abgeknickt ist. (Knickfuß Pes valgus). Das Ligamentum collaterale tibiale ist überdehnt, das Ligamentum collaterale fibulare erschlafft. Bei einer Abduktionsfehlstellung des Hüftgelenkes kommt es durch die Kontraktur der Muskeln zu einer erheblichen Zunahme von Tr, woraus sich eine Lateralisation der Resultierenden Rg und damit die X-Fehlstellung der Beinachse ergibt.

Bei der Adduktionskontraktur wird das Bein vermehrt unter den Körperschwerpunkt gebracht, wodurch das Körperabschnittsgewicht G_7 lateralisiert wird und daraus folgend auch Rg sich nach lateral verschiebt.

Die BRAGARD[6]'sche Annahme von der axialen Belastung der Traglinie gilt nach DEBRUNNER[12] praktisch nur beim geraden Stehen auf beiden Beinen, wenn die Hüftmuskulatur ruht.

Der Ansicht von BRAGARD[6] steht die bekannte Berechnung der Belastungsverhältnisse von PAUWELS[46] entgegen. PAUWELS[46] ist der Ansicht, daß für die Biomechanik in erster Linie die Belastungen während des Ganges maßgebend sind. Bei der Untersuchung der dynamischen Verhältnisse beim Gehen wird auf die Arbeiten von FISCHER[16] aus dem Jahre 1899 und auf die Gangstudien der UNIVERSITY of CALIFORNIA von 1947 zurückgegriffen. Diesen Arbeiten zufolge weichen die dynamischen Verhältnisse beim Gehen deutlich von der Statik im Einbeinstand ab.

Im Einzelfall wird die Kniebelastung von der Spurweite, der Gehgeschwindigkeit, der Schrittlänge und der Gangart abhängen.

Die Untersuchungen der UNIVERSITY OF CALIFORNIA[56] über Gehstudien enthalten Daten über Bodenkräfte gegen den Fuß beim Gehen über eine im Boden eingelassene Druckplatte.

Diese registriert Druck, Scherkräfte und Torsion sowie das Zentrum der Druckeinwirkung. Die Kraftkurven decken sich weitgehend mit denen, die FISCHER[16] bereits 1899 aufgestellt hat. Die Kurven zeigen, daß Scherkräfte praktisch immer von lateral nach medial auf den Fuß einwirken.

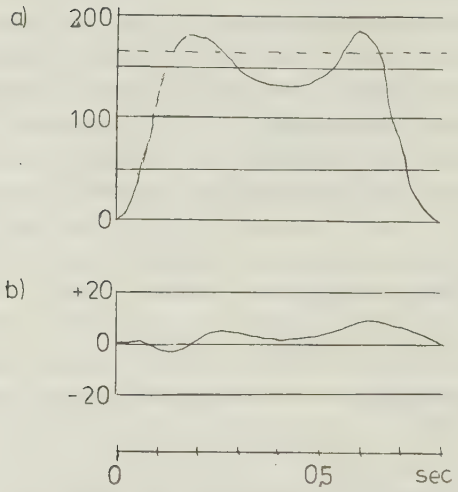

Abb. 6: Die vom Boden auf den Fuß während einer Standphase wirkenden Kräfte in Ibs (Pounds).
a) Vertikale Kraft (----- entspricht dem Körpergewicht).
b) Seitliche Kraft (+ bezeichnet eine Kraft von lateral nach medial auf den Fuß).
(Aus: "Fundamental Studies of Human Locomotion etc.", UNIVERSITY OF CALIFORNIA, 1947)

Die Resultierende der Scherkräfte mit der vertikalen Kraft ist in der Größenordnung von 2° bis 3° nach oben innen geneigt. Da der Unterschenkel beim Gehen in der Regel aber leicht nach oben außen geneigt aufgesetzt wird, ergibt sich wieder eine Abweichung der Belastungsachse nach medial vom Kniegelenk und damit ein Biegemoment im Sinne der Varusdeformierung beim Gehen. Man könnte somit also von einem "funktionellen Genu varum" sprechen.

Der mediale Condylus hat, wenn durch ihn die Belastungsachse verläuft, die ganze Körperlast zu tragen. Das Gleichgewicht wird durch die Zugkraft des Tractus iliotibialis erhalten. Myokinetische Untersuchungen von FRANCILLON[17] haben gezeigt, daß die laterale Zuggurtung imstande ist, die Überlastung eines einzelnen Condylen gleichmäßig auf beide Condylen zu verteilen, eine asymmetrische Belastung also auszugleichen. Die Gesamtbelastung des Knies nimmt dadurch aber erheblich zu. Die Belastung des medialen Gelenkkompartiments wird auf etwa drei Viertel herabgesetzt, die Gesamtbelastung jedoch steigt um die Hälfte an. Damit läßt sich erklären, daß eine Varusfehlstellung nicht zu einer Überlastung des medialen Gelenkspaltes allein zu führen braucht, sondern daß beide Condylen gleichmäßig überlastet sein können.

Durch diese Überlegungen wird die Bedeutung der lateralen Zuggurtung besonders deutlich. Wird sie z. B. mit zunehmendem Alter insuffizient, entsteht ein O-Bein, bei welchem das Knie sich unter Belastung nach außen ausbiegen und aufklappen läßt. Diese Fehlbelastung führt rasch zur Arthrose und zwar vorwiegend mit isolierter Zerstörung des medialen Gelenkabschnittes. Ein Gegenstück zum Tractus iliotibialis finden wir auf der medialen Knieseite nicht. Im Hinblick auf die oben beschrie-

bene funktionelle Varusbelastung des Kniegelenkes erscheint diese asymmetrische Anlage der Zuggurtung sinnvoll.

Allerdings ist dann auch zu erwarten, daß ein X-Bein, das ein gewisses Maß überschreitet, rasch dekompensiert, da es nicht mehr durch ausreichende Muskelkräfte vor dem Einknicken nach innen geschützt ist. Die Seitenbänder als passive Stabilisatoren werden auf die Dauer nicht genügen, um die Ausbildung eines Wackelknies zu verhindern oder gar um die Belastung gleichmäßig auf die Condylen zu verteilen. Aus den Betrachtungen von FISCHER[16], PAUWELS[45] und DEBRUNNER[12] geht also hervor, daß die Kniebelastung nicht aus rein statisch-anatomischen Meßdaten ermittelt werden kann. Sie ist vielmehr eine sich ständig ändernde funktionelle Größe, die in erster Linie von der Gangart abhängig ist. Diese bestimmt den Druck des Bodens gegen den Fuß, die Lage des Schwerpunktes und die Stellung des Knies zur Belastungsachse.

Die gestörte Beinstatik, gleich welcher Ätiologie, spielt für die Entstehung der Gonarthrose mit ihren pathologisch-strukturellen Veränderungen die entscheidende Rolle. Bei der medialen Gonarthrose beobachtet man eine Verdichtung der Knochenbälkchen als Sklerosierung im medialen Anteil. Die Verdichtungszone ist in konvexer Form an der Gelenkfläche gegen die Eminentia intercondylea gerichtet. Mit zunehmender subchondraler Verdichtung verschmälert sich schließlich der Gelenkspalt bis hin zur Subluxation des Femur gegen die Tibia. Die Varität verstärkt sich in gleicher Weise, wie der laterale Gelenkspalt klafft. Die Knochenstruktur im lateralen Anteil verringert sich. Diese Zeichen weisen auf eine Medialverschiebung der Resultierenden Rg hin, was zu einer asymmetrischen Verteilung der Druckspannung des inneren Gelenkanteils führt.

Nach individuell unterschiedlich langen Zeiträumen kommt es bei Fehlstellungen der Beinachse zu Beschwerden. Nach Ansicht von TRUETA[55] und RUITSHAUSEN[49] stellt der arthrotische Prozess eine Störung des Gleichgewichtes zwischen unphysiologischer Beanspruchung und Kompensationsmöglichkeiten des Gelenkes dar. Regenerationsversuche bleiben ungenügend und die Störungen werden größer und tiefer: Diese typischen pathomorphologischen Veränderungen in Form von Randleisten- bzw. Osteophytenbildung können als Versuch des Gelenkes gewertet werden, inkongruente Gelenkflächen anzugleichen und eine allseitig gleichförmige Belastung wieder zu erreichen. Folge davon ist eine Hyperämie des gelenknahen Knochens mit Eindringen der Blutgefäße in die Knorpelbezirke. Die Ausbildung von Randosteophyten schließt sich an.

Nach RUITSHAUSEN[49] ist es nicht die Schädigung des Knorpels an sich, die zur Formveränderung führt, sondern die Reaktion auf die Schädigung. Dieses Reagieren ist als hartnäckiges Bestreben der Reparatur aufzufassen. Das Bild der morphologischen und funktionellen Gleichgewichtsstörungen wird hierdurch noch verschlimmert. So stellt der frustrane Versuch, durch Bildung von Randwülsten den Schaden auszugleichen, das letzte Glied im Ablauf der mechanisch entstandenen Prozesse dar. Als eine der möglichen Ursachen wirkt hierbei die Fehlstellung der Beinachsen, in deren Gefolge sich die Arthrose geradezu gesetzmäßig entwickelt (SPRANGER et al[53]).

2. Therapiemöglichkeiten

2.1. Konservative Therapie

Die konservativen Möglichkeiten können in die folgenden Gruppen unterteilt werden:

- Führung einer entsprechenden Lebensweise.
- Verbesserung der Statik.
- Physikalische Therapie.
- Krankengymnastische Behandlung.
- Medikamentenverabreichung.

Übergewichtigen Patienten ist zu einer Gewichtsreduktion zu raten, was in der Praxis jedoch mit einiger Problematik verbunden ist.

Gegebenenfalls sind entsprechende Sportarten, wie z. B. alle Springübungen, alle Ballspielarten etc., aufzugeben und dafür neue Sportarten auszuüben, die das Kniegelenk weniger belasten aber viel bewegen und die Muskulatur kräftigen, wie Schwimmen etc.

Die Vorstellung, durch Schuhinnen- oder -außenranderhöhung eine statische Fehlbelastung am Knie zu verbessern, muß sehr kritisch betrachtet werden, da der Ausgleich meist bereits im unteren Sprunggelenk kompensiert wird und so damit keine Korrektur der Fehlstatik erreicht werden kann (ANDERS[2]).

Als physikalische Therapiemaßnahmen werden in der Literatur vor allem Wärmeanwendungen und Kälteapplikationen empfohlen. Der antiphlogistisch-analgetische Effekt der Eistherapie wirkt

sich bei entzündlichen und aktivierten Prozessen günstig aus. Nach DREXEL[14] wird bei nicht aktivierten Arthrosen dagegen Wärme als angenehm empfunden. Unter der lokalen Wärmeapplikation steigt die Temperatur der verschiedenen Gewebsschichten an. Es entsteht eine reaktive Hyperämie mit Eröffnung arteriovenöser Anastomosen und einer Erhöhung der lokalen metabolischen Prozesse. Bewegungsübungen in warmem Wasser dienen der funktionellen Beanspruchung des entlasteten Gelenkes und damit der Anregung des Gelenkstoffwechsels. Eine Verbesserung der Ernährungslage des Knorpels mit Abtransport der Stoffwechselschlacken aus dem erkrankten Gelenk erklären den therapeutischen Wert.

In der Elektrotherapie stehen Ströme des Niederfrequenz-, Mittelfrequenz- und Hochfrequenzbereiches zur Verfügung. Die Niederfrequenz-Stromtherapie wird unterteilt in die Galvanisation und die eigentliche Reiz- oder Impulsstromtherapie.

Bei der Galvanisation kommt es durch den von Gleichstrom durchströmten Körperbereich zu einer kurzdauernden Vasokonstriktion, der eine Gefäßerweiterung mit lange anhaltender Hyperämie folgt.

Bei der Iontophorese durchwandern Medikamente in ionisierter Form die Haut und können so in tieferliegende Schichten gelangen.

Die Mittelfrequenztherapie ist die Anwendung von Wechselströmen von einigen 1000 Hz bis 100 000 Hz.

Bei dem Verfahren nach NEMEC wird der Interferenzstrom über vier fixierte Platten- oder Saugelektroden zugeführt. Zur Gruppe der Hochfrequenztherapie gehören die Kurzwellen, Dezimeterwellen und Mikrowellen.

Während bei der Anwendung der Mikrowelle nur oberflächliche Erwärmung mit geringer Tiefenwirkung entsteht, dringen die Dezimeterwellen in tiefere Körperschichten ein, ohne eine stärkere Erwärmung der Haut hervorzurufen.

Der Ultraschall hat nach BRUHIN[7] eine durchblutungsfördernde, trophikverbessernde, analgetische und muskelrelaxierende Wirkung.

In manchen Fällen, in denen die bisher beschriebenen Methoden nicht zum Erfolg führen, kann eine Röntgentiefbestrahlung vorgenommen werden. Die Behandlung mit Wahl der richtigen Dosis ist vom Strahlentherapeuten durchzuführen.

Die krankengymnastische Behandlung mit Kräftigung der Muskulatur und Lockerung reaktiver Myogelosen ist als ein wesentlicher konservativer Sektor anzusehen.

Die Behandlung mit Medikamenten dient der Schmerzbekämpfung und der Beeinflussung der Begleitumstände der Arthrose mit allgemeinen oder lokal gezielten Maßnahmen.

Als wichtigste der zahlreichen Präparate der verschiedenen Wirkstoffgruppen seien die Salizylate, Pyrazolon, Indometacin, Phenylbutazon und Diclofenac-Natrium genannt. Auch intraarticuläre Injektionen verschiedener Cortisonpräparate, von D-Glukosamin, Mukopolysaccharid-Polyschwefelsäureester und mukopolysaccharidhaltigen Zellextrakten kommen immer wieder zur Anwendung.

Bei der sogenannten feuchten Arthrose ist die intramuskuläre Cortisoninjektion, kombiniert mit wenigen Millilitern eines Lokalanästhetikums, erfolgversprechend. Dies sollte wegen

der katabolen Wirkung des Cortisons jedoch nicht zu oft wiederholt werden. Die Injektionen erfordern selbstverständlich eine sterile Injektionstechnik. Die stark antiphlogistisch wirkenden Corticoidapplikationen bringen in der Regel eine schnelle Besserung, wobei allerdings das Risiko einer möglichen Infektion bedacht werden muß.Die Injektionsbehandlung sollte deshalb schweren Schmerzzuständen vorbehalten bleiben oder erst nach Versagen der physikalischen und krankengymnastischen Therapie eingesetzt werden. Bringen die konservativen Maßnahmen bei bestehender Arthrose keine Erleichterung oder handelt es sich um schwere Achsenfehlstellungen, die infolge einer beginnenden Arthrose Schmerzen verursachen, so sollten die operativen Methoden frühzeitig in den Behandlungsplan mit einbezogen werden.

2.2. Angewandte Operationsmethoden

2.2.1 Osteotomien

Der operative Eingriff zur Korrektur einer bestehenden Fehlstellung ist als Kausaltherapie mit dem Ziel der Beseitigung des für die Beschwerden verantwortlichen Syndroms anzusehen.

Osteotomien zur Korrektur von Achsfehlern im Kniebereich werden je nach den klinischen und röntgenologischen Gegebenheiten sowohl in Höhe des Tibiakopfes oder im proximalen Unterschenkel, als auch supracondylär im Femur vorgenommen. Als Faustregel für die Wahl des adäquaten Verfahrens kann die in Abbildung 7 und 8 dargestellte Beziehung gelten:

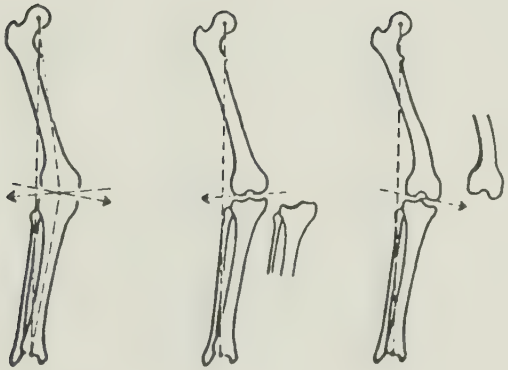

Abb. 7: Wahl der Osteotomie beim Genu valgum:
a) Fällt die Gelenkebene zur mechanischen Achse hin ab, ist die Deformität am Tibiakopf gelegen und die Korrektur ist am Tibiakopf vorzunehmen.
b) Fällt die Gelenkebene von der mechanischen Achse weg, ist die Deformität am Femur und die Korrektur muß auch dort ausgeführt werden (FRANK, OEST, RETTIG[18]).

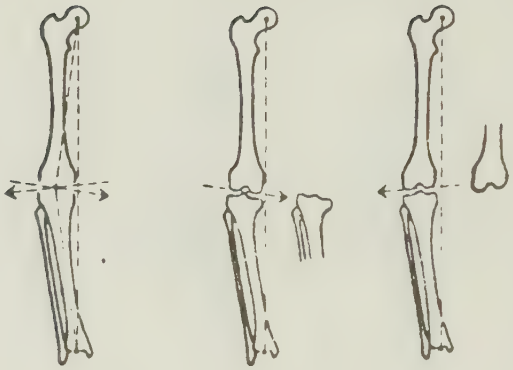

Abb. 8: Wahl der Osteotomie beim Genu varum:

a) Fällt die Gelenkebene zur mechanischen Achse hin ab, liegt die Deformität an der Tibia und erfordert die Tibiakopfosteotomie.

b) Fällt die Gelenkebene von der mechanischen Achse weg, liegt die Deformität am Femur und verlangt eine supracondyläre Osteotomie.

Zeigt die fallende Gelenkebene also zur mechanischen Achse, ist die Korrektur immer am Tibiakopf vorzunehmen. Zeigt die Gelenkachse aber weg von der Traglinie, ist die Deformität am Femur gelegen und muß auch dort korrigiert werden. Im Tibiakopf wird die Osteotomie somit in den Fällen angelegt, bei denen sich röntgenologisch ein physiologischer supracondylär-lateraler Winkel nachweisen läßt und der Scheitel der Deformität sowohl im Varus- als auch im Valgussinne, in Höhe des Tibiakopfes oder im Tibiaschaft liegt (NOESBERGER[42]).

Die supracondyläre Femurosteotomie

Bei einer Abweichung des Femurbasiswinkels empfiehlt sich die supracondyläre Korrektur am Femur. Diese Form der Osteotomie erlaubt zudem die Korrektur auch starker Beugekontrakturen. Prinzipiell kann man sowohl vom medialen oder lateralen Zugang her vorgehen. Die Beinlänge bestimmt, ob subtraktiv zu osteotomieren ist, d. h. mit Entnahme des zuvor ermittelten knöchernen Keils, oder additiv durch Interposition eines cortico-spongiösen Spanes. Die Fixation erfolgt durch eine übungsstabile Winkel- oder Condylenplatte (OEST[44]).

Abb. 9: Supracondyläre Keilinterposition zur Korrektur eines Genu valgum mit Winkelplatten-Fixation

Die Tibiakopfosteotomie

Pendelosteotomie

Oft wird die Tibiakopfosteotomie als sogenannte "Pendelosteotomie" durchgeführt, die 1949 von DACHSEL (zit. v. 27) angegeben wurde und bei der nach möglichst gelenknaher, proximal von der Tuberositas tibiae erfolgter Druchtrennung des Knochens, der Unterschenkel einem Uhrpendel vergleichbar nur noch am Ligamentum patellae "hängt" und dann in die gewünschte Lage gebracht werden kann. Soll bei bestehender Retropatellararthrose zusätzlich eine Druckentlastung des femoropatellaren Gleitlagers erreicht werden, so bietet die oberhalb des Patellabandansatzes angelegte Osteotomie mittels einfacher Fragmentverschiebung die Möglichkeit einer Ventralversetzung der Tuberositas tibiae.

Bogenförmige Osteotomie

Mit der bogenförmigen Osteotomie erhält man bei exakter Durchführung breite Berührungsflächen. Da man in der Praxis jedoch die beiden Trennungsflächen selten ideal ineinander passen kann, wird diese Form nur noch selten angewandt.

V-förmige Osteotomie

Bei der V-förmigen Osteotomie wird der Schnitt so gelegt, daß die Spitze des dünneren und härteren Schaftanteiles in den weiteren und weicheren Knochenanteil des Tibiakopfes gesteckt werden kann. Die Heilung der Bruchstücke ist bei dieser Form durch die breiten Berührungsflächen sehr gut gesichert. Die V-förmige Osteotomie spielt neben der Keilosteotomie am Unterschenkel die größte Rolle.

Stufenförmige Osteotomie

Die stufenförmige Osteotomie empfiehlt sich für Beinverbiegungen bei Kindern und Jugendlichen, bei denen die Gefahr der Knochensplitterung relativ gering ist.

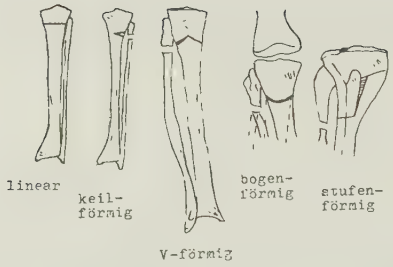

Abb. 10: Osteotomieformen (n. GAUGLITZ[19])

Lineäre Osteotomie

Bei der lineären Form der Osteotomie ist die Stellung der Bruchstücke am wenigsten gesichert. Sie ist vor allem für Verkürzungs- und Rotationsosteotomien geeignet.

Keilförmige Osteotomie

Breite Anwendung bei den Tibiakopf-Umstellungsosteotomien findet die subtraktive Osteotomie nach COVENTRY[10], bei der die Fehlstellung durch Entnahme eines keilförmigen Knochenstückes korrigiert wird. Die Größe der zu entnehmenden Keilbasis hängt vom Ausmaß der bestehenden Achsenabweichung ab. Durch diese subtraktive Methode wird zwar eine ausreichende knöcherne Korrektur erzielt, jedoch läßt sie keine wesentliche Beeinflussung des immer mit betroffenen Kapselbandapparates zu. BLAUTH[5] weist 1976 auf die Möglichkeit hin, durch eine Modifikation der COVENTRY-Osteotomie einen gewissen Straffeffekt auf das mediale Seitenband zu erzielen, was aber nur bei geringgradig ausgeprägten Bandlockerungen erfolgversprechend erscheint.

Osteotomie am proximalen Tibiaschaft

Liegt neben einer Achsenabweichung im Varus- oder Valgussinne noch ein Torsionsfehler vor, dann sollte die Osteotomie unterhalb der Tuberositas tibiae vorgenommen werden, weil die notwendige Drehkorrektur sonst nicht möglich ist. Die Osteotomielinie verläuft in diesem Falle plan (HERBERT[25]). Zur Fixation verwendet man die übungsstabile Osteosynthese mit den Charnley-Druckinstrumenten oder die Metallplatten.

Bei den hier beschriebenen Achskorrekturen am Unterschenkel ist eine Fibulaostèotomie erforderlich. Für die X-Bein-Korrekturen genügt eine einfache Durchtrennung. Bei den O-Bein-Korrekturen muß ein 1 cm bis 2 cm langer Fibulaanteil reseziert werden.

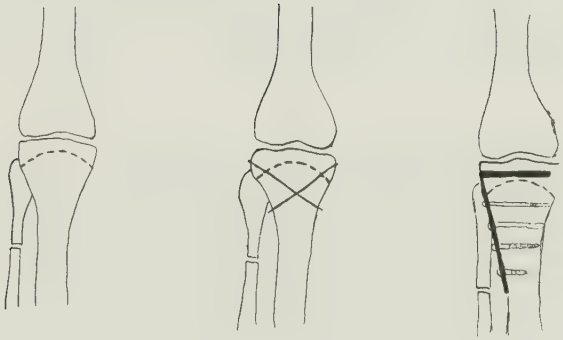

Abb. 11

a) Hohe bogenförmige Tibiakopfosteotomie ("Pendelosteotomie")

b) Hohe bogenförmige Pendelosteotomie mit Kirschnerdraht-Fixation

c) "Pendelosteotomie" mit AO-Condylenplatten-Fixation

Die intraligamentär additive Korrekturosteotomie

Bei Fehlstellungen mit deutlichen Bandinstabilitäten ist die intraligamentär-additive Tibiakopfosteotomie, wie sie 1962 und 1972 von DEBEYRE[11] und 1973 von DOLANC[13] beschrieben wurde, als kausale Behandlung den bisher aufgezeigten Verfahren vorzuziehen: Sie schließt neben der Achskorrektur gleichzeitig eine entsprechende Bänderstraffung mit ein. Dies wird hierbei durch ein gezieltes Anheben des Tibiaplateaus proximal der tibialen bzw. fibularen Bandansätze und proximal der Tuberositas tibiae ermöglicht (BLAUTH[5], DOLANC[13], GOYMANN[22], HAGEMANN[23]).

Der operative Zugang hängt vom anzuhebenden Teil des Tibiaplateaus, also von der Art der Fehlstellung ab. Es wird der quere, distalkonvex leicht gebogene Hautschnitt oberhalb der Tuberositas tibiae nach TEXTOR und KOCHER, oder ein einfacher Längsschnitt beschrieben. Die Höhe des Gelenkes wird medial und lateral mit zwei Kirschnerdrähten markiert. Der Tibiakopf wird unter Schonung des Ligamentum patellae auf beiden Seiten extrakapsulär dargestellt. Die Seitenbänder müssen dabei knapp unterhalb des tibialen Plateaus mit einem Hohmannhaken geschützt werden.

Die Osteotomie wird von vorne und von der Seite möglichst 1,5 cm bis 2 cm unter der Gelenkfläche, also oberhalb der distalen Ansätze des medialen bzw. lateralen Seitenbandes sowie oberhalb der Tuberositas tibiae, ausgeführt. Man achtet darauf, daß die gegenüberliegende Corticalis federnd intakt bleibt. Mit einem Meißel oder einem breiten Elevatorium läßt sich das Tibiaplateau bis zur vollen Straffung des erschlafften Kollateralligamentes anheben. Ein keilförmig präparierter auto- oder homologer Knochenspan wird nach Möglichkeit so

dazwischen gepresst, daß das Transplantat an der Corticalis abgestützt ist.

Auf die Resektion der Fibula kann bei so hoch angelegter Osteotomie verzichtet werden. Bei erhaltener Gegencorticalis und guter Knochenkonsistenz erübrigt sich jede weitere Fixation. Dennoch bestehen übungsstabile Verhältnisse. Bei fraglicher Stabilität oder osteoporotisch weichem Knochen empfiehlt sich die Sicherung mit einer Abstützplatte.

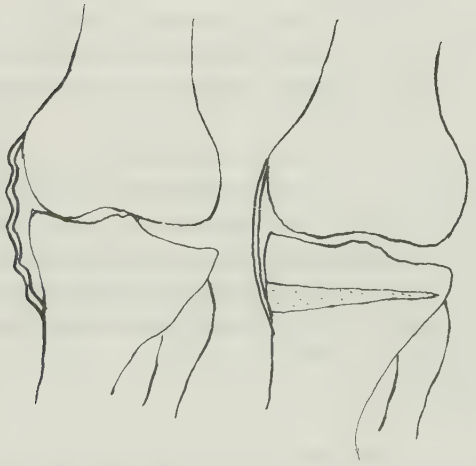

Abb. 12: Prinzip der intraligamentär additiven Korrekturosteotomie am Tibiakopf mit gleichzeitiger Straffung der Bandsituation (aus DOLANC[13])

Die Vorteile dieser Technik liegen vor allem darin, daß trotz Verzicht auf stabilisierende Implantate der Kompressionseffekt der Quadrizeps- und Pes anserinus-Muskulatur sowie des medialen Seitenbandes eine früh-funktionelle Behandlung erlauben. Zu fürchten ist allerdings ein gewisses Nachsintern des Spanes mit daraus resultierendem Korrekturverlust (HAGEMANN, SCHAUWECKER[23]).

Die Grenzen dieser additiven Technik liegen vor allem in der durch den Bandapparat beschränkten Korrekturmöglichkeit, was eine besonders sorgfältige Planung des Eingriffes erforderlich macht.

2.2.2. Künstlicher Gelenkersatz

Kommen entsprechende Umstellungsosteotomien oder eine Arthrodese nicht in Frage und versagen die konservativen Methoden, so ist bei älteren Patienten ein künstlicher Gelenkersatz zu empfehlen.

Für die heutigen künstlichen Gelenke liegen verschiedene Implantatwerkstoffe vor. Im Groben lassen sie sich in vier Gruppen unterteilen und zwar in: Metallische Werkstoffe, Aluminiumoxyd-Sinterkeramik, Polymethylen-Kunststoffe und pyrolytischen Kohlenstoff. An Werkstoffpaarungen sind heute vor allem Metall-Metall in den Scharniergelenken und Metall-Polyäthylen in Gebrauch.

Bei den Prothesen wird zwischen Teilprothesen mit Ersatz einzelner Gelenkanteile, wie Kniescheibenrückfläche, Tibiaplateau oder den Femurcondylen, und den Totalendoprothesen mit Ersatz der korrespondierenden Gelenkflächen von Femur und Tibiakopf unterschieden.

Bei den Totalprothesen wird zwischen den achsenlosen Gleit- oder Schlittenprothesen und den Scharnier- oder Achsengelenken unterschieden.

Gelenkendoprothesen werden, wie alle Implantate aus Metall, Polymerwerkstoffen und anderen Materialien, vom Gewebe als Fremdkörper behandelt. Dies kann sich als Fremdkörperreaktion des Implantatlagers auf den Knochenzement oder des Gewebes der Umgebung auf Verschleißpartikel, die durch Abrieb an den Bewegungsflächen entstehen, manifestieren. Die Prothesen sollten deshalb nur nach reiflicher Überlegung bei Versagen der konservativen Methoden, und wenn entsprechende Osteotomien keinen Erfolg versprechen, angeboten werden.

2.2.3. Arthrodese

Liegt bei einem jüngeren Patienten bei einseitigem Befall eine grobe Destruktion des Gelenkes vor, z. B. nach einer Entzündung, und ist nach Ausschöpfung der konservativen Methoden eine Operation indiziert, so ist manchmal eine Gelenkversteifung angebracht. Ein derartiger Eingriff ist zu empfehlen, wenn eine andere Operation keinen Erfolg mehr verspricht oder wenn sich wegen des jugendlichen Alters des Patienten oder einer vorausgegangenen Infektion der Einbau einer Prothese verbietet (ANDERS, BITTERSCHEID[2]).

3. Indikations- und Planungskriterien der Osteotomie

3.1. Allgemeine Operationskriterien

Eine Osteotomie wird an der unteren Extremität einmal zur Verbesserung der funktionellen Leistungsfähigkeit sowie zur günstigen Beeinflussung einer bestehenden Arthrose durchgeführt. Da die Wahrscheinlichkeit, mit der es zur Entwicklung von degenerativen Gelenkveränderungen kommt, nicht allein von der Art und dem Ausmaß der Fehlstellung abhängt und auch das Auftreten von statischen Beschwerden im Einzelfall nicht streng mit der Schwere der Achsenabweichung korreliert, richtet man sich außer nach den gemessenen Winkeln vor allem nach dem klinischen Bild, d. h. nach dem Grad der Beschwerden (GOERTTLER[21], RICHTER[47], SEYFARTH[51]). Eine trotz konservativer Behandlung fortschreitende Arthrose mit Gelenkschmerzen ist nach DÜRRSCHMIDT[15] und HAGSTEDT[24] eine Operationsindikation.

Im allgemeinen gilt, daß das Auftreten von sekundärarthrotischen Gelenkveränderungen nicht erst abgewartet werden soll, da die Prognose um so besser ist, je frühzeitiger eine operative Korrektur erfolgt. Bestehen keine Beschwerden, sollte bei folgenden Achsenverhältnissen nach VIERNSTEIN[57] und LOEFFLER[35] die entsprechende operative Korrektur vorgenommen werden:

- Genu varum ab 15°
- Genu Valgum ab 15°
- Genu rekurvatum ab 20°

Nach ZENKER[60] und KOCH[33] sind alle tibialen Achsfehler in der Frontal- bzw. Sagittalebene ab 8° bzw. 5° korrekturbedürftig.

Nach ZILCH[61] ist eine Indikation zur operativen Korrektur dann gegeben, wenn die Traglinie um mehr als 4 cm von der Kniegelenksmitte abweicht. Dieses Maß entspricht einem Korrekturwinkel von weniger als 10°. Durch eine routinemäßige Bestimmung der Traglinie mittels Einbein-Ganzaufnahmen ist die Höhe der Osteotomie und der Korrekturwinkel exakt bestimmbar.

3.2. Spezielle Indikation für die intraligamentär-additive Korrekturosteotomie am Tibiakopf

DEBEYRE und ARTIGOU[11] sehen ausgedehnte Instabilitäten, eine nicht allzu fortgeschrittene Varus- oder Valgusgonarthrose und eine Mindestbeweglichkeit von 70° als Indikationskriterien für die intraligamentär-additive Tibiakopfosteotomie. TALKE und FRIEDEBOLD[54] betrachten die posttraumatische Instabilität mit Achsenfehlstellungen durch Einbruch des Tibiaplateaus, O- oder X-Bein-Achsenabweichungen mit Seitenbandinsuffizienz und die arthrotische Instabilität mit Achsenfehlstellungen bei wenigstens teilweise erhaltenem Gelenkknorpel als Indikation zum operativen Eingriff.

Für DOLANC[13] ist die Operation bei "arthrotisch gefährdetem Schlottergelenk" indiziert.

Starke subjektive Beschwerden bei Gelenkinstabilität, muskulärer Dekompensation und Subluxationsneigung sind nach SCHULITZ[50] weitere Kriterien für die Operation.

3.3. Planungskriterien

Zur Präoperativen Planung werden außer von DEBEYRE und ARTIGOU[11] auch von OEST[42], RETTIG[48], SPIRIG[52], MYRNERTS[40] und ALDINGER[1] neben Standard-Aufnahmen des Kniegelenkes Ganzbein-Stehaufnahmen, a-p-Liegeaufnahmen mit langer Platte sowie gehaltene Aufnahmen zur Beurteilung der Bandsituation gefordert.

Anhand der Liegeaufnahmen fertigt man Pausen an, nach denen man den Grad der vorzunehmenden Korrektur und die Größe der Transplantate berechnen kann (DEBEYRE und ARTIGOU[11], HAGSTEDT[24]). Das notwendige Korrekturausmaß ergibt sich dann aus der Abweichung des FK-TS-Winkels vom Normalwert.

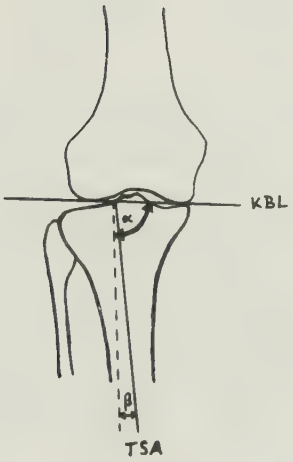

Abb. 13: Zeichnerische Planung der Operation am Beispiel einer Varusfehlstellung.
Alpha = Winkel zwischen Kniebasislinie (KBL) und der Tibiaschaftachse (TSA). N-Wert 87°.
Der Winkel Beta entspricht der Abweichung der TSA vom Normalwert. Bei regulären Verhältnissen im supracondylären Bereich entspricht Beta dem rechnerisch notwendigen Korrekturwinkel.

II) SPEZIELLER TEIL

MATERIAL UND METHODIK

1. Patientenzahl und Zeitraum

In der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen wurden im Zeitraum von 1975 bis 1980 nach dem beschriebenen Verfahren der intraligamentär-additiven Korrekturosteotomie am Tibiakopf 83 Patienten, darunter 42 Frauen (50,7 %) und 41 Männer (49,3 %) operiert. Da bei 5 Frauen und 2 Männern die Operation an beiden Beinen durchgeführt wurde, waren es insgesamt 90 solcher Eingriffe.

Davon konnten 76 Patienten (91,5 %) mit 83 operierten Kniegelenken (92 %) anhand von Röntgenbildern und Krankenblättern erfasst werden.

Nachuntersuchen konnten wir 51 Patienten (60,2 %), 27 Männer und 24 Frauen mit 57 operierten Kniegelenken (63,3 %). Die Zeitspanne zwischen der Operation und der Nachuntersuchung betrug im Mittel 33 Monate; die Operation lag wenigstens 8, längstens 72 Monate zurück.

1.1. Altersverteilung

Zum Zeitpunkt der Operation betrug der Gesamt-Altersdurchschnitt des Patientengutes 53,6 Jahre, bei den Frauen 54,8 Jahre, bei den Männern 52,4 Jahre. Die jüngste Patientin war 36, der jüngste Patient 19, die ältesten 75 bzw. 76 Jahre alt. 80 % der Männer und 86 % der Frauen, somit 83 % des gesamten Patientenkollektivs waren älter als 40 Jahre. Bei den Männern liegt der Gipfel im 5. und 6., bei den Frauen im 6. Dezenium.

2. Ausgangsbefunde

2.1. Grundleiden

Bei 26 weiblichen und 9 männlichen, insgesamt also bei 35 Kniegelenken /42 %), wurde anamnestisch eine idiopathische Gonarthrose diagnostiziert.

Bei 30 Gelenken (36 %) war die Erkrankung posttraumatischer Genese, wobei in 23 Fällen bereits eine deutliche Gonarthrose festgestellt werden konnte. Zweimal lag dabei eine Bandläsion vor. 17 Knie (20 %) wurden wegen arthrotischer Beschwerden nach vorangegangener Menisektomie operiert. Ein 49-jähriger Patient hatte eine Achsenfehlstellung nach Knochentuberkulose im Kindesalter.

	Männer	Frauen	Anteil
idiopath. Gonarthrose	9	26	42 %
posttraumat. Fehlstellung	20	10	36 %
Zust. n. Menisektomie	11	6	20 %
andere Ursachen z. B. Tuberkulose	1		2 %

Tab. 1: Grunderkrankungen

Somit wurde also in 89 % der Fälle die Operation aufgrund einer bestehenden Gonarthrose vorgenommen.

2.2. Form der Fehlstellung

Mit Ausnahme von 7 Männern und 3 Frauen mit Genua valga wiesen alle Patienten Varusfehlstellungen auf: 73 Korrekturen wurden bei 32 Männern und 43 Frauen wegen eines Genu varum vorgenommen. Bis auf 9 Patienten, 6 Männer und 3 Frauen mit posttraumatischen Fehlstellungen ohne Arthrose, hatten alle Patienten bereits deutliche arthrotische Kniegelenksveränderungen. Somit kann man bezüglich der Osteotomien zwischen mehr gelenkerhaltenden Eigriffen bei bereits bestehender Arthrose und präventiven Maßnahmen zur Verhinderung einer solchen unterscheiden.

Form d. Fehlstellung	varus			valgus			insges.
Geschlecht	ges.	m.	w.	ges.	m.	w.	
Zahl	73	43	39	10	7	3	83
Alter durchschn.							53,6
jüngster Patient	27	27	33	19	19	45	19
ältester Patient	76	76	75	71	53	71	76
präventiv	4	3	1	5	3	2	9
gelenkerhaltend	69	31	38	5	4	1	74

Tab. 2: Verteilung der Fälle nach der Form der Fehlstellung sowie Alter und Geschlecht der Patienten

2.3. Röntgenbefunde

Abgesehen von den erwähnten 9 Fällen mit posttraumatischem Achsfehler bestand immer eine mehr oder weniger fortgeschrittene schmerzhafte Arthrose.

Um die Arthrose einheitlich klassifizieren zu können, wurde nach JONASCH[29] kategorisiert. Diese Stadieneinteilung läßt sich am besten an im a-p-Strahlengang erstellten Röntgenbildern vornehmen. Gewertet wird dabei immer die schwerste Veränderung, wobei es gleichgültig ist, ob sich diese am Femur oder an der Tibia befindet:

Grad 1: Leichte Entrundung des Gelenkkörpers und feine Ausziehungen der Eminentia intercondylica sowie leichte marginale Osteophytenbildung.

Grad 2: Spitze Ausziehung der Eminentia intercondylica, Entrundung der Gelenkflächen und beginnende Randwulstbildung.

Grad 3: Deutliche Randwulstbildung mit Verschmälerung des Gelenkspaltes.

Grad 4: Starke Verschmälerung des Gelenkspaltes, verbunden mit subchondraler Sklerosierung und mächtiger Konsolenbildung.

An den im Liegen gefertigen Röntgenaufnahmen wurde der präoperative subkapital mediale oder Femurcondylen-Tibiaschaft-Winkel (FK-TS-Winkel) gemessen. Dieser Winkel beträgt unter physiologischen Bedingungen nach DEBRUNNER[12] und GEKELER[20] 87 °.

Damit nun festgestellt werden konnte, ob der Scheitelpunkt der Deformität auch wirklich im proximalen Anteil der Tibia saß, wurde zusätzlich der supracondylär laterale Winkel bestimmt. Dies ist der Winkel zwischen der anatomischen Femurachse und der Kniebasislinie (KBL), welcher physiologischerweise nach DEBRUNNER[12] und RETTIG[48] 82° beträgt.

Bei den Varusfehlstellungen ergab sich für diesen Winkel ein präoperativer Durschnittswert von 83,2°, wobei der kleinste 77°, der größte Winkel hier 90° betrug. In 8 Fällen war die Abweichung im Varussinne 4° und mehr vom physiologischen und hätte zusätzlich korrigiert werden müssen.

Subkapital medial wurde ein Durchschnittswert von 81° ermittelt mit Werten von 61° (was 26° Abweichung entspricht) bis 87°. Die durchschnittliche Fehlstellung betrug in dieser Gruppe ca. 6°.

Varusabweichung	bis 5°	bis 10°	bis 15°	15°	gesamt
o. Arthrose	2	1	1	0	4
m. Arthrose	17	38	8	6	69
insgesamt	19	39	9	6	73

Tab. 3: Verteilung der Fälle nach dem Ausmaß der Varusabweichung

Unter den Valgusfehlstellungen wurden supracondylär lateral Werte zwischen 80° und 83°, im Mittel 81,1° gemessen. Subkapital medial lagen die Winkel zwischen 100° (= 13° Abwei-

chung) und 89°, im Mittel 92°, was einer durchschnittlichen Abweichung von 5° entspricht.

Valgusabweichung	bis 5°	bis 10°	bis 15°	15°	gesamt
o. Arthrose	0	2	0	3	5
m. Arthrose	1	2	1	1	5
insgesamt	1	4	1	4	10

Tab. 4: Verteilung der Fälle nach dem Ausmaß der Valgusabweichung

2.4. Beschwerden

Die Beschwerden, nach Schmerzen, Gehstrecke und Gehhilfen gegliedert, wurden anhand eines Fragebogens erfasst und folgendermaßen nach einem Punktesystem bewertet:

1) Schmerzen:

Keine Schmerzen	0 Punkte
Leichte Schmerzen ständig bzw. Schmerzen nur bei Belastung	1 Punkt
Schmerzen schon bei Bewegung	2 Punkte
Starke Schmerzen auch in Ruhe bzw. mit dadurch gestörtem Schlaf	3 Punkte

2) Gehstrecke:

Mehr als 1 km	0 Punkte
Bis 1 km	1 Punkt
Bis ca. 100 m	2 Punkte
Nur in der Wohnung	3 Punkte

3) Gehhilfen

Keine	0 Punkte
1 Stock außerhalb der Wohnung	1 Punkt
1 Stock immer	2 Punkte
2 Gehstützen immer	3 Punkte

Präoperativ ergab sich folgende Verteilung:

	3 Punkte	2 Punkte	1 Punkt	0 Punkte
Schmerzen	56 %	14 %	26 %	4 %
Gehstrecke	12 %	21 %	30 %	37 %
Gehhilfen	5 %	9 %	25 %	61 %

Tab. 5

Aus der Tabelle ist ersichtlich, daß bei 96 % der Operierten der Schmerz eindeutig im Vordergrund stand. 63 % der Patienten bewältigten nur eine Strecke von 1 km oder weniger, wobei 39 % auf Gehhilfen angewiesen waren. Während die Patienten ohne Arthrose nur bei extremer Belastung der Kniegelenke über Beschwerden klagten, bestand bei den Patienten mit manifester Arthrose eine lange Beschwerdeanamnese von durchschnittlich 8 Jahren. Bei Beschwerdebeginn waren die Frauen im Durchschnitt 44, die Männer 49 Jahre alt. Läßt man die Fälle mit traumatischer Anamnese einmal unberücksichtigt, dann ergibt sich für die Frauen eine durchschnittliche Dauer der Beschwerden von annährnd 11 Jahren, bei den Männern von etwa 4 Jahren.

Die meisten Patienten mit Genua vara gaben Schmerzen an der Medialseite des Kniegelenkes an, die sich bei Belastung ver-

stärkten. In einigen Fällen sind auch Schwellungen und Reizergüsse aufgetreten, die zum Teil mehrmals punktiert werden mußten.

Bei den Patienten mit Valgusfehlstellungen waren die Schmerzen zu Beginn meist hauptsächlich an der Lateralseite des Kniegelenkes lokalisiert.

2.5. Präoperative Beweglichkeit

Die mittlere Beugefähigkeit betrug 115°, mit einem geringsten Wert von 65° und einem größten Wert von 140°. Beugekontrakturen lagen präoperativ in 23 Fällen (26 %) von 5° bis 20° vor, im Mittel betrugen sie 4,6°.

Signifikante Unterschiede im Bereich des Bewegungsumfanges zwischen Genua vara und valga konnten nicht beobachtet werden.

ERGEBNISSE

3. Postoperative Befunde und Verlauf

3.1. Röntgenologisch ermittelte Winkelkorrektur

Die durch die Operation erreichte Winkelkorrektur wurde durch den Vergleich des prä- und postoperativen FK-TS-Winkels ermittelt. Dieser spiegelt sowohl die Verhältnisse am Gelenkknorpel als auch im Osteotomiebereich wieder.

Nun wurden die einzelnen Operationsergebnisse in Normo-, Hypo- und Hyperkorrekturen eingeteilt.

Eine Normokorrektur war erreicht, wenn die Winkel im Bereich von 87° +-2° lagen. Die 2° Toleranz nach beiden Seiten müssen auf Grund von Meßungenauigkeiten und Projektionsfehlern zugestanden werden.

Im Einzelnen ergaben sich folgende Werte:

Varusabweichungen:

Von den 73 korrigierten O-Beinen waren 43 (59 %) normo-, 24 (33 %) hyper- und 6 Knie (8 %) hypokorrigiert. Die Werte streuten von 77° bis 99°. Im Mittel waren es 88,8°. Die durchschnittlich erreichte Winkelkorrektur betrug 7,8°.

Valgusabweichungen:

Hier wurde bei insgesamt 10 Operationen 6 mal normo-, 3 mal hyper- und 2 mal hypokorrigiert. Es wurden Winkel von 85° bis 90° gemessen. Die im Mittel erreichte Korrektur des Achsfehlers belief sich auf 5,7°.

Faßt man die Valgus- und Varuskorrekturen zusammen, so wurde in 49 Fällen (59 %) normo-, in 26 Fällen (31 %) hyper- und bei 10 % der Fälle hypokorrigiert. Legt man den Ergänzungswinkel von 175° +-2° als physiologischen Parameter zu Grunde, so ergeben sich die gleichen Ergebnisse.

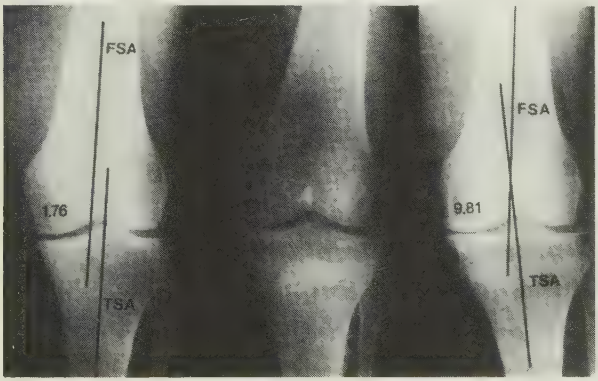

Abb. 14: Intraligamentär-additive Tibiakopfosteotomie als Valgisierungsosteotomie mit medialer Keilinterposition und Wiederherstellung des physilogischen FSA-TSA-Winkels von 6° bis 7°

3.2. Operationstechniken und Verfahren

58 mal (60 %) gelang es, die gegenüberliegende Corticalis zu belassen und in 49 Fällen (59 %) kam die Corticalis des Knochenspanes auf die Corticalis im Osteotomiebereich zu liegen.

Die durchschnittliche Spanbreite in % der OT-Fläche betrug 83 %, die geringste wurde mit 50 %, die größte Breite mit knapp 100 % gemessen.

Insgesamt wurden 70 homologe (84 %) und 14 autologe (16 %) Knochenkeile implantiert.

Zur Verwendung von Abstützplatten, Spongiosaschrauben, Corticalisschrauben kam es in 12 Fällen, d. h. in 13 % der Eingriffe.

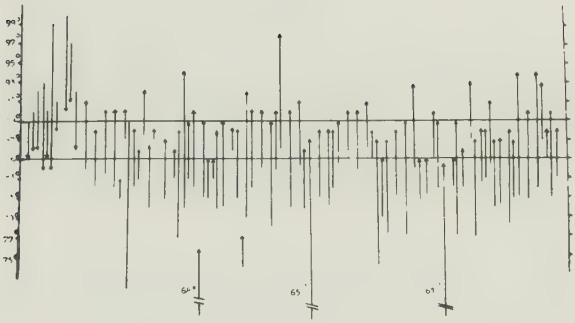

Abb. 15: Entwicklung der Kniegelenksachsen nach intraligamentär-additiver Tibiakopfosteotomie
N = 87° +- 2°; n = 83

3.3. Komplikationen und intraoperative Besonderheiten

In 9 Fällen kam es zur intraoperativen Infraktion des Tibiaplateaus. Der Operationserfolg wurde dadurch aber nicht negativ beeinflußt, da alle 9 Patienten beschwerdefrei und mit dem Eingriff zufrieden waren und die Röntgen-Spätkontrollen keine Gelenkstufenbildungen nachweisen ließen.

Bei 6 Patienten kam es zu einem postoperativen Hämatom; jeweils 1 mal wurde eine tiefe Beinvenenthrombose und eine Wundrandnekrose beobachtet. Ein Gelenkempyem und eine Fistelbildung konnten nach operativer Revision folgenlos ausheilen. Ein Tibialis-anterior-Syndrom oder eine Fibularisparese traten nicht auf.

Infraktion des Tibiaplateaus	n = 9
Postoperatives Hämatom	n = 6
Tiefe Beinvenenthrombose	n = 1
Postoperative Fistelbildung	n = 1
Wundrandnekrose	n = 1
Gelenkempyem	n = 1

Tab. 6: Art und Häufigkeit der aufgetretenen Komplikationen

3.4. Dauer des stationären Aufenthaltes

Bei den mit Abstützplatten versorgten Patienten (12) betrug die Dauer des postoperativen stationären Aufenthaltes zwischen 20 und 87 Tagen, im Mittel etwa 41 Tage. Die Patienten, die ohne Implantate versorgt wurden (71), hatten eine durch-

schnittliche stationäre Behandlungszeit von 26 Tagen (Minimum 13 Tage, Maximum 53 Tage). Insgesamt wurden die Patienten postoperativ im Mittel 28 Tage stationär behandelt.

3.5. Die Nachbehandlung

Die Art der Nachbehandlung wird vorwiegend von der Überlegung der früh-funktionellen Übungsbehandlung getragen. Damit soll der Gefahr der postoperativen Dystrophie und Bewegungseinbuße durch zu langes Ruhigstellen begegnet werden.

Ein noch im Operationssaal angelegter Tutor wird am 2. postoperativen Tag geschalt, damit die krankengymnastische Übungstherapie sofort beginnen kann. Diese hat das Ziel, die postoperativ auftretende Schmerz-Schonhaltung in Beugestellung zu verhindern, Weichteilverklebungen zu vermeiden und durch Anregung des Gelenkstoffwechsels einer Dystrophie vorzubeugen.

Die Physiotherapie soll die Beweglichkeit ohne Schmerz verbessern und die gelenkübergreifende und damit stabilisierende Muskulatur kräftigen. Begleitende Weichteiloedeme werden unter Zuhilfenahme von Eisbeuteln behandelt, weil dadurch der Rücktransport von Flüssigkeit aus den interstitiellen Räumen in die Kapillaren - im Sinne einer Reabsorbtion - gefördert wird. Gleichsinnig wirken isometrische Spannungsübungen für den Musculus quadriceps bei maximaler Knieextension.

Nach Abschluß der 1. postoperativen Phase erleichtern Bewegungsübungen in warmem Wasser die Rückgewinnung der Beweglichkeit.

In jedem Fall ist hierbei der Schwerpunkt auf die Wiederherstellung der Kniestreckung zu legen, weniger auf die funktionell nicht so entscheidende Beugefähigkeit des Gelenkes. Zu beginnen ist mit isometrischen Anspannungsübungen bei gestrecktem Kniegelenk. Ist die Reststreckung gegen starken Widerstand erreicht, d. h. ist vor allem der Musculus vastus medialis genügend trainiert, kann nach KLUG[32] mit der Kniebeugung gegen Widerstand begonnen werden.

In der Regel dürfen die Patienten am 8. postoperativen Tag aufstehen und das Bein mit Hilfe von 2 Gehstützen beistellen. Eine Teilbelastung kann nach ca. 6 bis 8 Wochen, die Vollbelastung jedoch nicht vor Ablauf von ca. 10 bis 12 Wochen erlaubt werden.

Ein optimales Behandlungsergebnis für den Patienten kann nur in enger Zusammenarbeit von Arzt, Physiotherapeuten, Ergotherapeuten und nicht zuletzt auch durch die Mithilfe des Patienten erreicht werden.

4. Nachuntersuchungsergebnisse

4.1. Beschwerden

Von den 57 nach durchschnittlich 2,75 Jahren (0,6 bis 6 J.) zur Nachuntersuchung gekommenen Patienten waren 75 % subjektiv mit dem Behandlungsergebnis zufrieden; 25 % waren nicht zufrieden bzw. enttäuscht. 30 % gaben an, daß sich der Zustand seit der Operation eher wieder verschlechtert habe. Der quantitative Vergleich dieser Angaben mit dem von uns erstellten Punkteschema korreliert mit diesen Angaben.

präop. / postop.	3 Punkte	2 Punkte	1 Punkt	0 Punkte
Schmerzen	56 % / 12 %	14 % / 9 %	26 % / 61 %	4 % / 18 %
Gehstrecke	12 % / 3 %	21 % / 4 %	30 % / 35 %	37 % / 58 %
Gehhilfen	5 % / 0 %	9 % / 4 %	25 % / 18 %	61 % / 78 %

Tab. 7

Starke Schmerzen hatten nur noch 21 % der Patienten, während es präoperativ noch 70 % waren. Auf Gehhilfen waren noch 22 % angewiesen (präop. 39 %), wobei noch 7 % einen Aktionsradius von unter 100 m hatten.

Von 35 Patienten mit 39 operierten Knien wurde eine Zunahme der Schrittlänge und der Gehgeschwindigkeit angegeben. Auch

finden sie nun ihre Gangart rhythmischer als vor der Operation.

4.2. Beweglichkeit

Klinisch ließ sich eine Verbesserung der Beweglichkeit feststellen. 30 Patienten (53 %) beugten bei der Nachuntersuchung besser als vor dem Eingriff, bei 9 Patienten (16 %) war die Beugefähigkeit noch spürbar eingeschränkt. Eine wesentliche Einschränkung der Beweglichkeit gegenüber dem präoperativen Zustand war in keinem Fall zu verzeichnen.

	Beugung	Streckung	
Gewinn $\geq$ 15°	37 %	28 %	Gewinn $\geq$ 5°
gleich	60 %	65 %	gleich
Verlust	3 %	7 %	Verlust

Tab. 8: Einfluß der Osteotomie auf die Beweglichkeit

Die durchschnittliche Beugefähigkeit betrug präoperativ 115° (n = 83), bei der Nachuntersuchung waren es 125° (n = 57).

Vor dem Eingriff lag in 23 Fällen ein Streckdefizit von 5° bis 30° vor, welches durch die entsprechende Interposition des Knochenspanes - Keilbasis mehr nach dorsal gerichtet - in 13 Fällen völlig und in 5 weiteren Fällen bis auf ein Reststreckdefizit von 5° korrigiert werden konnte.

4.3. Röntgenologische Befunde

Um nun einen eventuellen Korrekturverlust feststellen zu können, wurden die postoperativen Tibiacondylen-Tibiaschaft-Winkel mit denen der Nachuntersuchung verglichen. Der TK-TS-Winkel repräsentiert den Zustand bzw. die Veränderungen im Osteotomiebereich am besten, was ihn zu einem guten Parameter für den Nachweis eines möglichen Nachsinterns des transplantierten Knochenspanes werden läßt.

Eine Änderung des TK-TS-Winkels muß sich natürlich auch am FK-TS-Winkel bemerkbar machen. Die Änderung ist hier dann entweder gleich groß wie am Tibiakopf oder aber größer, was einen zusätzlichen Verlust im Bereich des Gelenkes bzw. Gelenkknorpels bedeuten würde.

Auffallend war nun, daß in 14 von 57 Fällen (24 %) ein Korrekturverlust von 5° bis 12° eingetreten war. Davon war 3 mal eine alleinige Veränderung des FK-TS-Winkels festzustellen, was zu Lasten einer fortschreitenden Arthrose mit dem damit verbundenen Knorpelschwund geht.

In 11 Fällen (19 %) jedoch war ein deutlicher Winkelverlust im OT-Bereich feststellbar, was auf ein Einsinken des eingebrachten homologen Keiles zurückzuführen ist. 28 Patienten (49 %) wiesen bei der Nachuntersuchung noch physiologische Achsenverhältnisse auf, d. h. der FK-TS-Winkel lag im Bereich von 85° bis 89° bzw. der Ergänzungswinkel betrug zwischen 173° und 177°.

16 Kniegelenke (28 %) wichen im Sinne des vorbestehenden Achsfehlers ab, 13 (23 %) waren überkorrigiert.

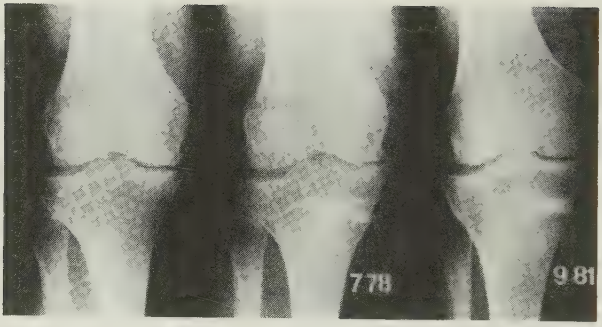

Abb. 16: Intraligamentär-additive Tibiakopfosteotomie mit guter Integration des transplantierten Spanes

4.3.1. Valgisierende Korrekturen

Bei den O-Bein-Korrekturen belief sich der mittlere FK-TS-Winkel auf 86°. Die primär erreichte Winkelkorrektur von durchschnittlich 7,8° war auf 5,0° gesunken, also ein Verlust von 2,8° aufgetreten.

Wenn man also die Verhältnisse im Osteotomiebereich separat betrachtet, so verringerte sich hier der TK-TS-Winkel von postoperativ 88,6° auf 87,1° bei der Nachuntersuchung, also um durchschnittlich 1,5°.

Ein mittlerer Verlust von 1,3° kann somit der fortschreitenden Arthrose angerechnet werden.

Bei den 5 untersuchten Patienten mit autologem Knochenkeil konnte kein Korrekturverlust gemessen werden.

4.3.2. Varisierende Korrekturen

Das Ausmessen des FK-TS-Winkels bei den 6 nachuntersuchten X-Bein-Korrekturen ergab einen Durchschnittswert von 85°.

Die erreichte Winkelkorrektur von 5,7° postoperativ lag bei der Nachuntersuchung bei 7°, was einer postoperativen Veränderung im Varussinne von durchschnittlich 1,3° gleich kommt.

Die Winkel im Osteotomiebereich haben sich hier jedoch nur unwesentlich verändert, nämlich von 87° postoperativ auf 86,6° bei der Nachuntersuchung.

Bei dem einen Patienten mit einem autologen Transplantat war ebenfalls kein Verlust festzustellen.

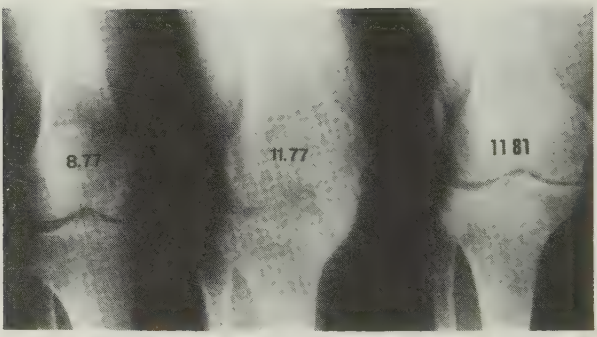

Abb 17: Intraligamentär-additive Tibiakopfosteotomie
Guter Verlauf trotz Gelenkinfraktion am lateralen Tibiaplateau

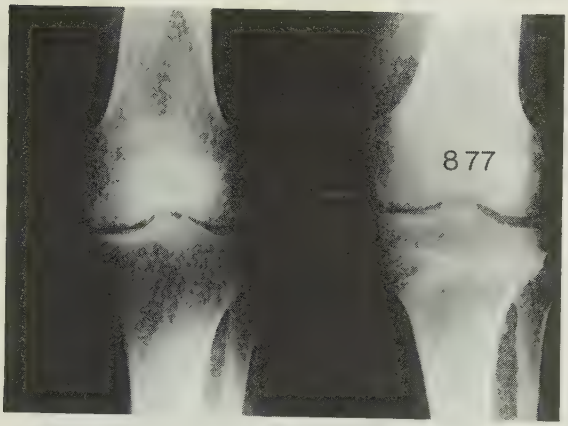

Abb. 18 u. 19: Intraligamentär-additive Tibiakopfosteotomie
mit postoperativem Verlauf
Einsinkender, zu schmaler, homologer Keil

4.3.3. Traglinienverlauf

In 31 von 57 Fällen (54 %) konnte bei der NU eine ausreichende Zentrierung der Traglinie in Gelenkmitte +- 15 mm vorgefunden werden. Bei den O-Bein-Korrekturen konnte 26 mal (51 %), bei den X-Bein-Korrekturen 6 mal (83 %) ein Verlauf der Traglinie im Normbereich festgestellt werden.

Abweichungen von 16 mm bis 48 mm fanden sich bei 1 primär unterkorrigierten Bein, bei 10 Fällen mit knöchern bedingtem Korrekturverlust und bei 2 Gelenken mit Knorpelschwund in Folge zunehmender Arthrose. Bei 27 primär "normokorrigierten" Gelenken ist eine abweichende Traglinie in 5 Fällen einer fortschreitenden Bandlaxität anzulasten.

4.3.4. Korrektur und Stabilisierung der Arthrose

Der Einfluß der durch den Eingriff erreichten Korrektur auf das Fortschreiten der Arthrose ist der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Korrektur	Arthrose	
	stabilisiert	verschlechtert
Normo	80 %	20 %
Hyper	75 %	25 %
Hypo	50 %	50 %

Tab. 9: Korrektur und Arthrose

Daraus ist ersichtlich, daß unter den normokorrigierten Knien die Arthrose sich in 80 % stabilisiert hat, während sie bei den unterkorrigierten Gelenken nur in 50 % der Fälle in ihrem Fortschreiten aufgehalten werden konnte.

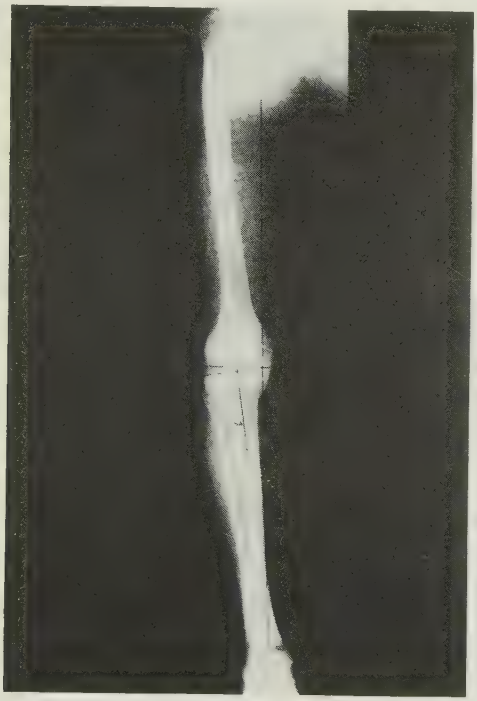

Abb. 20: Medialer Traglinienverlauf bei Genu varum
HKM = Hüftkopfmitte
OSG = Oberes Sprunggelenk

Betrachtet man das gesamte Nachuntersuchungsgut zusammen, so konnte eine Progredienz der Arthrose in 70 % der Fälle aufgehalten werden, während es bei 30 % der Patienten zu einer weiteren Verschlechterung verglichen mit dem präoperativen Status kam.

Bemerkenswerterweise trat jedoch sowohl bei sistierender als auch bei progredienter Arthrose in jeweils 65 % der Fälle eine Schmerzlinderung ein.

4.4. Banderschlaffung und Korrekturergebnis

Eine gute Stabilität des Gelenkes durch Straffung des konkavseitigen Kollateralbandapparates wurde in 86 % der Varus- und 66 % der Valgusfehler vorgefunden. Von den 48 Kniegelenken mit stabilem Bandapparat konnte bei 26 (54 %) eine Normokorrektur erreicht werden, während dies bei den Patienten mit deutlich erschlafften Bändern nur in 22 % der Fälle gelungen ist.

Kapselband-lockerung	Normokorrektur	Hypokorrektur	Hyperkorrektur
O. +	54 %	17 %	29 %
++	22 %	48 %	30 %

Tab. 10: Laxität und Korrektur

4.5. Korrektur und klinisches Ergebnis

Wie auf der folgenden Tabelle zu sehen, ist eine annähernde Wiederherstellung der physiologischen Achsenverhältnisse in 86 % der Fälle mit einer weitgehenden Schmerzfreiheit verbunden, während dieses Ergebnis bei überkorrigierten Beinachsen nur in 75 % und bei unterkorrigierten Beinachsen nur in 67 % der Fälle erzielt werden konnte.

	Schmerz	
Korrektur	0 - 1	2 - 3
Normo	86 %	11 %
Hyper	75 %	25 %
Hypo	67 %	33 %

Tab. 11: Korrektur und Schmerz

4.6. Einfluß der Osteotomietechnik auf den Korrekturverlust

In 7 von 11 Fällen, bei denen ein Korrekturverlust im Bereich des Spanlagers von mehr als 5° aufgetreten war, wurde die gegenüberliegende Corticalis nicht belassen, sondern ist ganz durchosteotomiert worden.

5. Diskussion

In der Hauptsache betrifft die Indikation zur kniegelenksnahen Osteotomie Patienten im fortgeschrittenen Lebensalter. Die ständig steigende Lebenserwartung läßt auch ein Ansteigen invalidisierender Erkrankungen seitens des Bewegungsapparates erwarten. Die Gonarthrose auf Grund von Achsenfehlstellungen nimmt im Rahmen dieser Problemstellung einen breiten Raum ein.

Bei 89 % der vorgenommenen Eingriffe war bereits eine manifeste Arthrose vorhanden. Nur in 9 Fällen wurde bei posttraumatischem Zustand an vorwiegend jüngeren Patienten eine präventive Korrektur vorgenommen.

Gerade bei diesen Krankheitsbildern erreichen konservative Maßnahmen nur unzulänglich und unbefriedigend das angestrebte Behandlungsziel, wobei im Vordergrund die Schmerzbekämpfung sowie die Funktionsverbesserung und damit die größere Leistungsfähigkeit der betroffenen Extremität steht.

Durch die Fehlstellung des Kniegelenkes kommt es nicht nur zu pathologischen axialen Druckbelastungen (BRAGARD[6], KUMMER[34], MAQUET[36]), sondern auch zu Biegebeanspruchungen, welche an Gehstudien verifiziert werden konnten (DEBRUNNER[12], FISCHER[16], PAUWLES[45]). Diese vermehrt schräg und seitlich ansetzenden Kraftkomponenten sind umso größer, je mehr die Traglinie von der Gelenkmitte abweicht (RETTIG[48]). Jede Abweichung der Traglinie von der Gelenkmitte muß zu einem Aufklappmechanismus am Kniegelenk führen, der in seiner Kräfteeinwirkung mit Zunahme der Traglinienabweichung größer wird.

Eine Verstärkung der Varus- oder Valgusfehlstellung ist damit die weitere Folge.

Bei der Aufschlüsselung der subjektiven und objektiven Beurteilungskriterien ergibt sich, daß die subjektiv schlechten Ergebnisse zur Hälfte auf einen Korrekturverlust durch Einsinken des eingebrachten homologen Knochenkeils zurückzuführen sind. Dabei erfolgte in 7 der 11 Fälle mit einsinkendem Keil (63 %) unbeabsichtigt die komplette Osteotomie, d. h. die gegenüberliegende Corticalis wurde nicht belassen, sondern durchgetrennt. Im Gesamtkrankengut war dies nur in 31 % der Fälle vorgekommen. Bei 5 dieser Patienten war die Osteotomie dazu noch ausgesprochen tief, nämlich 3 cm bis 4 cm unterhalb des Tibiaplateaus, vorgenommen worden, wodurch Spanlager und Zuggurtungseffekt des Kollateralbandapparates und der gelenkumgreifenden Muskulatur nicht optimal waren. Als weitere Erklärung für den knöchernen Korrekturverlust fanden wir in einem Fall eine ausgesprochene Osteoporose mit zu früher Belastung 6 Wochen nach der Operation.

Bei einem Patienten wurde die Keilbasis mit nur 50 % der Osteotomiefläche zu schmal gewählt, sodaß sich der Span nicht breitflächig genug abstützen konnte.

Bei einem Drittel der unbefriedigenden Ergebnisse war die Arthrose bereits so weit fortgeschritten, daß man von einer Grenz-Indikation sprechen kann. Dies wird von anderen Autoren bestätigt (BACHTHALER[3], DÜRRSCHMIDT[15], OEST[43]). In einem Fall mit fortbestehenden starken Beschwerden war die Achsenfehlstellung unzureichend korrigiert worden, was eine deutliche Zunahme der Arthrose nach sich zog.

Bei den 7 zur Nachuntersuchung verfügbaren Patienten mit transplantiertem 'autologem Knochenkeil aus dem Beckenkamm konnte in keinem Fall ein Korrekturverlust durch Nachsintern'des Spanes beobachtet werden. Auf Grund der kleinen Zahl konnte dieses Ergebnis mittels des Chi-Quadrat-Testes statistisch jedoch nicht untermauert werden.

Für den Patienten ist das bedeutendste Erfolgskriterium der Operation das Verhalten der Schmerzintensität. In 35 Fällen (61 %) konnte eine wesentliche Schmerzlinderung erzielt werden, 15 mal (26 %) blieb der Schmerz nach Angaben des Patienten unverändert und in 7 Fällen (13 %) kam es zu einer Zunahme der Beschwerden. Dabei ist zu berücksichtigen, daß bei einigen Patienten die Nachuntersuchung in Verbindung mit einem Rentengutachten stand.

Das Verhalten der Schmerzintensität erwies sich als unabhängig von der Größe der präoperativen Fehlstellung. Ebenso ließ sich kein funktioneller Zusammenhang zur Exaktheit der operativen Achsenkorrektur finden, was von DÜRRSCHMIDT[15], HULLARD[27] und RICHTER[47] bestätigt wird. So waren zwei Drittel aller Patienten, bei denen sich röntgenologisch keine exakte Korrektur und auch eher ein Fortschreiten der Arthrose zeigte, voll mit dem Operationsergebnis zufrieden. Ursache für die überwiegend positive subjektive Beurteilung des Ergebnisses auch in den Fällen nicht zufriedenstellender Korrektur mag der biologische Reiz der Osteotomie auf das erkrankte Gelenk und in einzelnen Fällen auch der recht kurze Zeitraum zwischen dem Eingriff und der Nachuntersuchung sein (CANADELL[8], DOLANC[13], MYRNERTS[39], RICHTER[47]). Immerhin lag in 28 Fällen (49 %) zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung eine statische Normokorrektur vor, d. h. das orthopädisch-chirurgische Ziel der Wiederherstellung der physiologischen Achsverhältnisse

war erreicht worden. Ein deutlicher funktioneller Zusammenhang zwischen dem Schweregrad der Arthrose und dem Verhalten der Beweglichkeit war nicht zu erkennen. 21 Patienten beugten bei der Nachuntersuchung besser als vor der Operation, wovon 11 eine bereits fortgeschrittene Arthrose der Schweregrade 3 und 4 nach JONASCH[29] vorweisen konnten. Eine Einbuße der Beugefähigkeit bzw. ein Streckdefizit lag in nur 4 Fällen mit allerdings stark fortgeschrittener Arthrose vor.

Zwischen dem Verlauf der Arthrose und der Exaktheit der Korrektur scheint jedoch eine Korrelation zu bestehen, denn bei 80 % der Kniegelenke mit physiologischen Winkelverhältnissen konnte die Arthrose in ihrem Fortschreiten aufgehalten werden, während dies bei den unzureichend korrigierten Gelenken nur in 50 % der Fälle gelang. Auch DEBEYRE und ARTIGOU[11] kamen zu diesem Ergebnis.

In Übereinstimmung mit BACHTHALER[3], DÜRRSCHMIDT[15] und RICHTER[47] konnte auch in dieser Untersuchung keine Rückbildung der röntgenologischen Arthrosezeichen beobachtet werden. Bei 17 Patienten war zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung im Röntgenbild zweifelsfrei ein Fortschreiten des degenerativen Prozesses nachweisbar. In allen übrigen Fällen kam es immerhin zum Sistieren der regressiven Veränderungen.

Den von DEBEYRE und ARTIGOU[11] betonten Zusammenhang zwischen der präoperativen Bandlaxität und der Exaktheit der erreichbaren Korrektur können wir insoweit bestätigen, als bei 54 % der Kniegelenke mit straffer Bandsituation eine Normokorrektur erzielt werden konnte, während dies bei den Gelenken mit deutlich insuffizientem Bandapparat nur in 22 % der Fälle erreicht wurde. Entscheidend für die Aussichten der intraligamentären Tibiakopfosteotomie ist also auch die vorbestehende

Bandsituation, wobei keine zu ausgedehnten Instabilitäten vorliegen sollten.

Die Grenzen des Verfahrens der intraligamentär-additiven Tibiakopfosteotomie liegen zum einen im Ausmaß der ursprünglichen Fehlstellung, zum anderen im Ausmaß der Bandlaxität, die den Korrekturspielraum bestimmt. Das Straffen des medialen Seitenbandes beim Genu varum gelingt im allgemeinen besser als die Straffung des lateralen beim Genu valgum, was durch die bessere mediale Korrekturmöglichkeit erklärt werden kann (DOLANC[13]). Es hat sich gezeigt, daß die angespannten oberflächlichen Fasern des medialen Seitenbandes für die mediale Stabilität ausreichen. Die verbleibende Insuffizienz des kurzen lateralen Seitenbandes wirkt sich nach der Korrektur eines Genu varum kaum störend aus.

Bei einer zu starken Valgusdeformität sind dieser Osteotomie auf der lateralen Seite hingegen aus demselben Grunde Grenzen gesetzt. Auf der kurzen intraligamentären Distanz von nur ca. 2 cm können starke Achsenfehlstellungen von über 10° nicht mehr voll auskorrigiert werden. Die Valguskorrekturen bewegten sich in unserem Patientengut zwischen 3° und 9°, in einem Fall wurden 10° korrigiert.

Hinzu kommt, daß durch das laterale Aufdehnen das Risiko einer Läsion des Nervus peronaeus relativ groß ist (DOLANC[13], JACKSON[28]).

Einen Nachteil dieser implantatfreien Methode stellen die in ca. 20 % der Fälle auftretenden Korrekturverluste dar, welche die rasche Zunahme der Arthrose begünstigen. Durch die Verwendung eines autologen Beckenkammkeiles (15 % in unserem Krankengut) läßt sich offensichtlich das Risiko eines knö-

chern bedingten Korrekturverlustes erheblich senken. In keinem der untersuchten Fälle war ein nennenswerter Verlust zu verzeichnen gewesen. In der Zukunft sollte daher die autologe Transplantation eines Knochenkeiles bevorzugt werden. Ungünstige Ergebnisse, wie sie auch von BACHTHALER[3], RICHTER[47], SEYFARTH[51] und TRUETA[55] beschrieben wurden, sind bei besonders schwerer Gonarthrose und der Sekundärgonarthrose bei PcP zu erwarten.

Nach der vorliegenden Untersuchung können folgende Vorteile der intraligamentär-additiven Technik gegenüber anderen Verfahren festgehalten werden:

1. Der Eingriff erfolgt in einem rein spongiösen Bezirk der Tibia, sodaß von vornherein gute Bedingungen für einen raschen knöchernen Durch- bzw. Umbau des Transplantates gegeben sind (SEYFARTH[51]). Dieser Effekt wird durch eine aktive Kompression der Fragmente durch das Ligamentum patellae und die Kniestreckmuskulatur verstärkt.

2. Bei solider Knochenstrukturierung ist kein Fixationsmaterial zur Stabilisierung der Osteotomie erforderlich. Befürchtet der Operateur jedoch bei fraglicher Stabilität oder osteoporotischem, weichem Knochen einen Korrekturverlust, empfiehlt sich die Sicherung mit einer T-Abstützplatte, die wir in 13 % der operierten Fälle mit gutem Erfolg verwandten.

3. Die wenigen Komplikationen beweisen das geringe Risiko des Eingriffs. Die relative Harmlosigkeit einer eventuellen intraoperativen Infraktion des Tibiaplateaus bestätigen auch COVENTRY[9], DOLANC[13], KETTELKAMP[31] und MÜLLER[38].

4. Da die breiten, rein spongiösen Osteotomieflächen unter den senkrecht einwirkenden Belastungsdruck gesetzt werden, ist eine früh-funktionelle Behandlung möglich, wodurch die postoperative Bettlägerigkeit herabgesetzt werden kann. Dies ist vor allem im Hinblick auf das hohe Lebensalter der Patienten mit Gonarthrose wesentlich.

5. In den meisten Fällen bei nicht z u stark ausgeprägter Fehlstellung wird eine Bandstraffung und somit die angestrebte Stabilität erreicht.

6. Das bei der hohen Tibiakopfosteotomie günstige Transplantatlager erlaubt, allerdings mit einem 20 %-igen Risiko des Korrekturverlustes, die Verwendung homologen Knochenmaterials, wodurch sich ein zusätzlicher Eingriff vermeiden läßt.

7. Das Verfahren läßt allen weiteren operativen Varianten der Gonarthrosetherapie, wie auch der Möglichkeit der späteren Totalalloarthroplastik, den Weg offen.

Die Indikation für die intraligamentär-additive Korrekturosteotomie am Tibiakopf ist also gegeben, wenn die Ursache der Deformität ihren Sitz im t i b i a l e n Gelenkanteil hat, eine Instabilität bei Varus- oder Valgusfehlstellung von bis zu 15° bzw. 10° vorliegt, die Gelenkbeweglichkeit noch mindestens 70° beträgt und die Arthrose noch nicht allzu fortgeschritten ist (DEBEYRE[11], TALKE et al[54], WAGNER[58]).

Für die Planung sollen neben Standardaufnahmen des Kniegelenkes Ganzbein-Stehaufnahmen, eine a-p-Liegeaufnahme mit langer Platte sowie gehaltene Aufnahmen zur Beurteilung der Bandsituation zu Grunde gelegt werden (DEBEYRE[11], FRANK et al[18], MYRNERTS[41], OEST[44]).

Nach genauer und ausführlicher präoperativer Planung sollte intraoperativ unter exaktem chirurgischem Vorgehen darauf geachtet werden, daß im spongiösen Bereich des Tibiakopfes, ca. 2 cm bis 2,5 cm unterhalb des Tibiaplateaus unter Belassung der gegenüberliegenden Corticalis, ein vorher präparierter, homologer oder autologer Span breitflächig so eingebracht wird, daß Corticalis auf Corticalis zu liegen kommt. Damit wird in den meisten Fällen erreicht, daß die verbliebene Corticalis der Gegenseite als stabilisierendes Element und Drehpunkt für die Osteotomie fungiert, als auch, daß sich dem eingebrachten Transplantat eine optimale Abstützung bietet. Bei Beachtung dieser operationstechnischen Regeln wird einem Korrekturverlust erfolgreich vorgebeugt werden können. Ziel des Eingriffs ist die Wiederherstellung der physiologischen Achsverhältnisse, wobei sich eine leichte Überkorrektur als vorteilhaft erwiesen hat.

Bei Überkorrekturen von mehr als 5° zeigte sich jedoch eine Zunahme der postoperativen Einsinktendenz, die wir uns vorerst durch den vermehrten Druck auf den Knochenkeil erklären. Da das homologe Transplantat vom Organismus nicht ein- sondern umgebaut wird, ist neben der Stabilität eine ausreichend lange Entlastung erforderlich.

Bei der physiotherapeutischen Nachbehandlung, die für den erfolgreichen Verlauf der Therapie mit entscheidend ist, sollte auf eine fast vollständige Entlastung für mindestens 8 Wochen geachtet werden. Danach anschließend ist eine Teilbelastung mit dem halben Körpergewicht über weitere 4 Wochen zu empfehlen.

Abschließend bleibt festzustellen, daß die hier vorgelegte Analyse unserer bisherigen Erfahrungen mit der intraligamen-

tär-additiven Korrekturosteotomie am Tibiakopf diese Methode als ein gutes Verfahren im Rahmen der operativen Behandlung von frontalen Achsenfehlstellungen bei gleichzeitiger Bandinsuffizienz erscheinen läßt.

Das geringe Risiko und die bei 75 % der Patienten erreichte Zufriedenheit bekräftigen diese Ansicht.

Unabdingbare Voraussetzungen sind allerdings eine strenge Indikation, eine subtile Operationstechnik und eine gezielte funktionelle postoperative Übungsbehandlung.

6. Zusammenfassung

1. Der allgemeine Teil gibt einen Überblick über die Anatomie des Kniegelenkes und die Biostatik der unteren Extremität. Das Entstehen der Kniegelenksarthrose wird beschrieben. Die hier maßgeblichen Theorien von BRAGARD[6] und PAUWLES[46] werden klargelegt. Ferner werden die konservativen Therapiemöglichkeiten, Indikations- und Planungskriterien und die angewandten Operationsmethoden erläutert.

2. An der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen wurden im Zeitraum von 1975 bis 1980 nach dem beschriebenen Verfahren 90 Kniegelenke operiert. Davon konnten 27 Männer und 24 Frauen mit insgesamt 57 operierten Gelenken nach durchschnittlich 33 Monaten nachuntersucht werden.

3. Bei der Nachuntersuchung zeigte sich in 75 % der Fälle ein subjektiv und klinisch gutes Ergebnis, jedoch wiesen nach knapp 3 Jahren 19 % einen Korrekturverlust von mehr als 5° auf, welcher auf ein Nachsintern des transplantierten h o m o l o g e n Knochenspanes zurückzuführen war. Bei a u t o l o g e m Material konnte kein Korrekturverlust festgestellt werden.

4. In der Behandlung eines instabilen Genu varum oder valgum mit Achsenabweichungen bis zu 15° hat sich bei vorwiegend im tibialen Anteil lokalisiertem Fehler ein intraligamentäres Anheben des Tibiaplateaus ohne Verwendung abstützender Metallimplantate zur Wiederherstellung der physiologischen Achsverhältnisse mit gleichzeitiger Straffung der Bänder bewährt.

5. Die Erfahrung hat gezeigt, daß auf Grund des geringen Risikos auch bei älteren Patienten an der Indikation zur Operation festgehalten werden kann. Die Genauigkeit der Planung und Korrektur, die Beachtung der operationstechnischen Besonderheiten wie auch die physiotherapeutische Nachbehandlung sind aber unabdingbare Voraussetzungen für das Gelingen des Eingriffes und die Schmerzfreiheit bzw. Zufriedenheit des Patienten.

LITERATURVERZEICHNIS

1. ALDINGER, G.: Kniegelenksnahe Osteotomien beim Erwachsenen
Therapiewoche 31, 1196 - 1202, 1980

2. ANDERS, G., BITTERSCHEID, W.: Die Gonarthrose
Therapiewoche 32, 180 - 190, 1981

3. BACHTHALER, V.: Die intrakondyläre Osteotomie bei der Behandlung von Gonarthrosen
Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete, Bd. 107

4. BITTERAUF, H.: Die operativen X- und O-Bein-Korrekturen
Therapiewoche 25, 40, 5624, 1975

5. BLAUTH, W., HEPP, W. R.: Zur Wahl operativer Methoden beim Genu varum
Orthop. Praxis 12, 178 - 185, 1976

6. BRAGARD, K.: Das Genu valgum
Beilagenheft der Z. Orthop. Chir. Bd. 57, 1932

7. BRUHIN, A.: Elektrotherapie
Orthopäde 7, 244, 1978

8. CANADELL, J., IMICZOZ, J. L.: Osteotomies in the Treatment of Gonarthrosis
Arch. Orthop. Traumat. Surg. 97, 91 - 94, 1980

9. COVENTRY, M. B.: Osteotomy of the Upper Portion of the Tibia for Degenerative Arthritis of the Knee
Journal of Bone and Joint Surgery
Vol.47 A, 5, 1965

10. COVENTRY, M. B.: Osteotomy about the Knee for Degenerative and Rheumatoid Arthritis
Journal of Bone and Joint Surgery
Vol. 55 A, 1, 1973

11. DEBEYRE, J., ARTIGOU, J. M.: Les indications et les résultats de l'ostéotomie tibiale
Revue de Chir. Orthop. 59, 641 - 656, 1973

12. DEBRUNNER, A. M., SEEWALD, K.: Die Belastung des Kniegelenkes in der Frontalebene
Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete 98, 508 - 522

13. DOLANC, B.: Die Behandlung des instabilen Kniegelenks mit Achsenfehlstellung durch die intraligamentäre Anhebe-Tibiaosteotomie
Arch. Orthop. Unfall-Chir. 76, 280 - 289 1973

14. DREXEL, H.: Kryo- und Thermotherapie in der orthop. Behandlung
Orthop. 7, 266, 1978

15. DÜRRSCHMIDT, V., SCHMIDT, H.: Ergebnisse der Tibiakopfosteotomie bei der Gonarthrose
Beitr. Orthop. u. Traumatol. 26, H. 7, 1979

16. FISCHER, O.: zit. bei DEBRUNNER, A. M.: Die Belastung des Kniegelenkes in der Frontalebene
Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete 98, 508 - 523

17. FRANCILLON, M. R.: zit. bei DEBRUNNER, A. M.: Die Belastung des Kniegelenkes in der Frontalebene
Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete 98, 508 - 523

18. FRANK, W., OEST, O., RETTIG, H.: Die Röntgenganzaufnahme in der Operationsplanung von Korrekturosteotomien der Beine
Z. Orthop. 112, 344 - 347, 1974

19. GAUGLITZ, I.: Korrekturosteotomien am Unterschenkel
Diss. Tübingen, 1976

20. GEKELER, J.: Knienahe Osteotomien bei Gonarthrose - Planung, Technik und Komplikationen
Orthop. Praxis 11, 961 - 966, 1980

21. GOERTTLER, T., DEBRUNNER, A. M.: Die Tibiakopfosteotomie bei der Behandlung der Gonarthrose
Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete 98,

22. GOYMANN, V., STOYTSCHEFF, A.: Indikationsfehler und technische Fehler bei kniegelenksnahen Osteotomien
Orthop. Praxis 2, 144 - 149, 1979

23. HAGEMANN, H., SCHAUWECKER, H. H.: Möglichkeiten, Technik und Ergebnisse kniegelenknaher Osteotomien
Arch. Orthop. Traumat. Surg. 93, 117 - 123, 1979

24. HAGSTEDT, B.: NORMAN, O.: Technical accuracy in high tibial Osteotomy for Gonarthrosis
Acta orthop. scand. 51, 963 - 970, 1980

25. HERBERT, J. J.: Les techniques d'ostéotomie
Rev. de Chir. orthop. T. 53, 2, 1967

26. HOHMANN, D., LEGAL, H., SEIDEL, K.: Hohe Tibiaosteotomie in der Behandlung der Gonarthrose des alten Menschen
Orthop. 4, 172 - 178, 1975

27. HULLARD, P. R.: Kniegelenknahe Osteotomien bei Gonarthrosen auf Grund von Achsenfehlstellungen
Diss. Erlangen-Nürnberg, 1976

28. JACKSON, J. P., WAUGH, W.: High Tibial Osteotomy for Osteoarthritis of the knee
Journal of Bone and Joint Surgery 51 B, 88 - 94, 1969

29. JONASCH, E.: Das Kniegelenk: Diagnose und Therapie seiner Verletzungen und Erkrankungen
Walter de Gruyter, Berlin, 1964

30. KANTOR, M.: zit. bei SPRANGER, M., BREITFELDER, J.: Welche Rolle spielen die Störungen der Beinstatik für die Entstehung der Gonarthrose Orthop. Praxis 11, 937 - 940, 1980

31. KETTELKAMP, D. B., WENGER, D. R.: Results of Proximal Tibial Osteotomy Journal of Bone and Joint Surgery

32. KLUG, S.: Die krankengymnastische Behandlung des Kniegelenkes Therapiewoche 32, 297 - 298, 1982

33. KOCH, F.: Achsenbegradigung bei in Fehlstellung verheilten Unterschenkelbrüchen Beitr. Orthop. Traum. 15, 13 - 14, 1968

34. KUMMER, B.: Biomechanische Grundlagen "beanspruchungsändernder" Osteotomien im Bereich des Kniegelenkes Z. Orthop. 115, 923 - 928, 1977

35. LÖFFLER, F., MATZEN, P. F., KNÖFLER, E.: Orthopädische Operationen VEB-Verlag Berlin, 1971

36. MAQUET, P.: Korrekturosteotomien in der Behandlung der Kniegelenksarthrose Orthopäde 8, 296 - 308, 1979

37. MENSCHIK, A.: Mechanik des Kniegelenkes, Teil 1 Z. Orthop. 112, 481 - 495, 1974

38. MÜLLER, K. H., BIEBRACH, M.: Korrekturosteotomien und ihre Ergebnisse bei idiopathischen kniegelenksnahen Achsenfehlstellungen
Unfallheilkunde 80, 457 - 464, 1977

39. MYRNERTS, R.: High tibial osteotomy with overcorrection of varus malalignement in medial Gonarthrosis
Acta orthop. scand. 51, 557 - 560, 1980

40. MYRNERTS, R.: Optimal correction in high tibial osteotomy for varus deformity
Acta orthop. scand. 51, 689 - 694, 1980

41. MYRNERTS, R.: WENNBERG, E.: "Three-Point Measurement" - A New Orthoradiographic Examination Technique in Gonarthrosis
Internat. Orthop. (SICOT) I, 43 - 47, 1977

42. NOESBERGER, N.: Osteotomien im Kniebereich
Orthop. Praxis 12, 168 - 177, 1976

43. OEST, O.: Die kniegelenksnahe Korrekturosteotomie
Orthop. Praxis 4, 102 - 106, 1970

44. OEST, O.: Röntgendiagnostik der kniegelenksnahen Achsenfehler
Orthop. Praxis 11, 279 - 282

45. PAUWLES, F.: Kurzer Überblick über die mechanische Beanspruchung des Knochens und ihre Bedeutung für die funktionelle Anpassung
Z. Orthop. 111, 681 - 705, 1973

46. PAUWLES, F.: Gesammelte Abhandlungen zur funktionellen Anatomie des Bewegungsapparates
Springer Berlin, 1965

47. RICHTER, R.: Erfahrungen mit der Tibiakopfosteotomie bei Gonarthrosen
Arch. orthop. Unfallchir. 80,
107 - 118, 1974

48. RETTIG, H.: Die Behandlung der Goanrthrose unter biomechanischen Gesichtspunkten
Arch. orthop. Unfallchir. 74,
281 - 290, 1973

49. RUITHAUSEN, W.: zit. bei SPRANGER, M., Breitenfelder, J.: Welche Rolle spielen Störungen der Beinstatik für die Entstehung der Gonarthrose
Orthop. Praxis 11, 937 - 940, 1980

50. SCHULITZ, K. P.: Die Indikation zur Korrektur von Fehlstellungen des Kniegelenks
Orthop. Praxis 12, 288 - 296, 1976

51. SEYFARTH, H.: Die supratuberkuläre Tibiaosteotomie - eine biomechanische Behandlungsmethode der Gonarthrose
Orthop. Praxis 7, 1974

52. SPIRIG, B.: Die Diagnose der Achsenfehler der unteren Extremität, in: MÜLLER, M. E.: Posttraumatische Achsenfehlstellungen an der unteren Extremität Huber Bern-Stuttgart, 21, 1967

53. SPRANGER, M., BREITENFELDER, J.: Welche Rolle spielen Störungen der Beinstatik für die Entstehung der Gonarthrose Orthop. Praxis 11, 937 - 940, 1980

54. TALKE, M., FRIEDEBOLD, J.: Indikation und Technik der intraligamentären Tibiaosteotomie bei Kniegelenksinstabilität Unfallheilkunde 129, 182 - 183, 1977

55. TRUETA, J.: Tibial Osteotomy for Osteoarthritis of the bone. Proceedings and reports of Councils and Associations Journal of Bone and Joint Surgery 44 B, 956, 1962

56. UNIVERSITY OF CALIFORNIA: Fundamental studies of human Locomotion Cal. 1947, zit. bei DEBRUNNER, A. M., SEEWALD, K.: Die Belastung des Kniegelenks in der Fronatalebene Z. Orthop. 58, 641 - 656, 1973

57. VIERNSTEIN, K., KEYL, W.: Operationen am Kniegelenk Bd. IV/2, B Breitner Wien, Innsbruck, Urban und Schwarzenberg, 1959

58. WAGNER, H.: Indikation und Technik der Korrekturosteotomie bei der posttraumatischen Kniegelenksarthrose
Unfallheilkunde 129, 156 - 173, 1977

59. WALDEYER, A., MAYET, A.: Anatomie des Menschen
Walter de Gruyter Berlin, New York, 1976

60. ZENKER, R.: Zur Indikation und Technik korrigierender Osteotomien im Schaftbereich langer Röhrenknochen
Arch. orthop. Unfallchir. 74, 205 - 208, 1972

61. ZILCH, H., ADLKOFER, M., GROHER, W.: Umstellungsosteotomien am Schienbeinkopf (Indikation, Technik und Ergebnisse)
Unfallheilkunde 81, 642 - 648, 1978

Herrn Privat-Dozent Dr.Ulrich Holz danke ich für die Überlassung des Themas und seine bereitwillige Unterstützung bei der Anfertigung der Arbeit.

Herrn Dr.Jochen Dietz danke ich für die zahlreichen Anregungen und seine gute Betreuung während der Nachuntersuchungs- und Ausarbeitungszeit.

Herrn Prof.Dr. Siegfried Weller bin ich für die Erlaubnis, in der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen die Arbeit durchführen zu dürfen, zu Dank verpflichtet.

L E B E N S L A U F

Am 11.März 1957 wurde ich,Mathias Frey,als zweiter Sohn des Ingenieurs Walter Frey und der Hausfrau Martha Frey geb.Hezler in Geislingen/Steige geboren. Von 1964 bis 1967 besuchte ich die Grundschule in Gerstetten.Danach kam ich an das mathematisch-naturwissenschaftliche Max-Planck-Gymnasium in Heidenheim,an welchem ich im Juni 1977 die Reifeprüfung ablegte.

Im April 1978 konnte ich mit dem Studium der Medizin an der Universität Hohenheim beginnen.

Zum Sommersemester 1979 wechselte ich an die Universität Tübingen,wo ich im März 1980 die Ärztliche Vorprüfung,1981 die erste Ärztliche Prüfung und im Frühjahr 1983 die zweite Ärztliche Prüfung bestand.

Das Praktische Jahr absolvierte ich am Akademischen Lehrkrankenhaus der Universität Ulm in Heidenheim.

Am 19. April 1984 bestand ich das Medizinische Staatsexamen an der Universität Ulm.